



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DELLA  
TUSCIA

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali  
(DAFNE)

Corso di Dottorato di Ricerca in  
Scienze delle Produzioni Vegetali e Animali  
XXXVII ciclo

Una proposta metodologica per il Piano Agricolo  
Regionale del Lazio

S.S.D.  
AGRI-04/C

*Coordinatrice del corso di dottorato:*

*Prof.ssa Roberta Bernini*

*Tutor:*

*Prof.ssa Maria Nicolina Ripa*

*Co-tutor:*

*Dott. Agr. Fabio Genchi*

*Candidato:*

*Alessio Patriarca*

---

Anno Accademico 2023/2024



# Riassunto

Nonostante il territorio rurale sia il palcoscenico di numerosi processi con importanti ripercussioni socioeconomiche e ambientali, non sono mai stati prodotti degli strumenti di pianificazione del territorio finalizzate alla loro guida e gestione.

La Regione Lazio, con la Delibera di Giunta Regionale (DGR) del 2 agosto 2018 n. 461, ha introdotto uno strumento di governo del territorio dal carattere fortemente innovativo: il Piano Agricolo Regionale (PAR). Questo piano intende ricoprire un duplice ruolo: di valenza urbanistico territoriale e piano di indirizzo.

Il PAR punta a valorizzare l'identità rurale e rafforzare la sostenibilità, l'inclusione sociale e lo sviluppo locale, nonché la resilienza delle aziende agricole e delle comunità rurali.

Il presente lavoro di ricerca sviluppa una metodologia innovativa per la valutazione territoriale, a supporto della pianificazione del territorio ed utilizzando come caso studio il processo di redazione del PAR.

La metodologia proposta si basa sulla pianificazione fisica e sulla quantificazione dei processi, sfruttando le potenzialità delle analisi geospaziali e dei dati telerilevati. Gli aspetti valutati riguardano: la ruralità, il sistema fondiario e produttivo, la naturalità del territorio e le vulnerabilità ambientali.

I risultati prodotti permettono di analizzare nel dettaglio i sistemi biofisici e socioculturali della regione Lazio, consentendo la valutazione di tutte le sue peculiarità e rappresentando solide fondamenta per tutti le fasi di redazione e futuro aggiornamento del PAR. Le valutazioni precise e ad un'alta scala di dettaglio, rappresentano la base conoscitiva utilizzata dai policy maker per l'individuazione di strategie di valorizzazione del settore agricolo e di sviluppo per l'intero territorio rurale.

**Parole Chiave:** Pianificazione Regionale; Ruralità; Vulnerabilità ambientale; Naturalità delle aree agricole; Sistema fondiario

# Abstract

Despite the rural territory being the stage for numerous processes with significant socio-economic and environmental repercussions, no planning tools aimed at their management and guidance have ever been produced. The Lazio Region, with the Regional Government Resolution (DGR) No. 461 of August 2, 2018, introduced a highly innovative territorial governance tool: the Regional Agricultural Plan (PAR). This plan intends to fulfill a dual role: as a territorial urban planning tool and as a policy guidance framework.

The PAR aims to enhance rural identity and strengthen sustainability, social inclusion, and local development, as well as the resilience of agricultural enterprises and rural communities. This research work develops an innovative methodology for territorial assessment, supporting territorial planning and using the process of drafting the PAR as a case study.

The proposed methodology is based on physical planning and the quantification of processes, leveraging the potential of geospatial analyses and remote sensing data. The aspects evaluated include rurality, the land and production system, the naturalness of the territory, and environmental vulnerabilities. The results obtained allow for a detailed analysis of the biophysical and sociocultural systems of the territory, enabling the assessment of all its peculiarities and providing solid foundations for all phases of the drafting and future updating of the PAR. Precise evaluations at a high level of detail represent the knowledge base used by policymakers to identify strategies for enhancing the agricultural sector and developing the entire rural territory.

**Keywords:** Regional planning; Rurality; Environmental vulnerability; Farmland naturalness; Farm system



# Indice

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Riassunto .....                                                                                             | 1  |
| Abstract.....                                                                                               | 2  |
| Indice .....                                                                                                | 3  |
| 1    Introduzione.....                                                                                      | 5  |
| 1.1    Gli strumenti di pianificazione in Italia: dall'urbanistica al governo del territorio.....           | 5  |
| 1.2    Il percorso attuativo degli strumenti di pianificazione: iter autorizzativo, VAS e approvazione..... | 14 |
| 1.2.1    Redazione del Piano .....                                                                          | 15 |
| 1.2.2    VAS.....                                                                                           | 16 |
| 1.2.3    Adozione del piano; .....                                                                          | 20 |
| 1.2.4    Approvazione del piano;.....                                                                       | 21 |
| 1.2.5    Attuazione del piano .....                                                                         | 21 |
| 1.2.6    Monitoraggio e Valutazione .....                                                                   | 22 |
| 1.2.7    Revisione e aggiornamento .....                                                                    | 23 |
| 1.3    Il PAR: presupposti normativi e finalità .....                                                       | 23 |
| 1.3.1    Procedura autorizzativa PAR.....                                                                   | 27 |
| 1.3.2    Esperienze delle altre regioni nella pianificazione agricola regionale .....                       | 28 |
| 1.4    Obiettivo del lavoro di ricerca .....                                                                | 29 |
| 2    Definizione delle metodologie di analisi e del percorso pianificatorio .....                           | 33 |
| 2.1    Analisi e caratterizzazione dell'area di studio .....                                                | 33 |
| 2.1.1    Analisi generale .....                                                                             | 36 |
| 3    Proposta metodologica per l'analisi di dettaglio .....                                                 | 65 |
| 3.1    Ruralità.....                                                                                        | 67 |
| 3.1.1    Inventario.....                                                                                    | 71 |
| 3.1.2    Analisi.....                                                                                       | 78 |
| 3.1.3    Risultati .....                                                                                    | 81 |
| 3.1.4    Discussioni .....                                                                                  | 89 |
| 3.1.5    Conclusioni.....                                                                                   | 90 |
| 3.2    Struttura fondiaria .....                                                                            | 92 |
| 3.2.1    Inventario.....                                                                                    | 94 |

|       |                               |     |
|-------|-------------------------------|-----|
| 3.2.2 | Analisi.....                  | 95  |
| 3.2.3 | Risultati .....               | 101 |
| 3.2.4 | Discussioni .....             | 112 |
| 3.2.5 | Conclusioni.....              | 113 |
| 3.3   | Naturalità .....              | 114 |
| 3.3.1 | Inventario.....               | 116 |
| 3.3.2 | Analisi.....                  | 120 |
| 3.3.3 | Risultati .....               | 122 |
| 3.3.4 | Discussioni .....             | 130 |
| 3.3.5 | Conclusioni.....              | 131 |
| 3.4   | Vulnerabilità ambientale..... | 133 |
| 3.4.1 | Inventario.....               | 134 |
| 3.4.2 | Analisi.....                  | 137 |
| 3.4.3 | Risultati .....               | 140 |
| 3.4.4 | Discussioni .....             | 145 |
| 3.4.5 | Conclusioni.....              | 146 |
| 4     | Conclusioni generali.....     | 149 |
| 5     | Bibliografia.....             | 154 |
| 6     | Ringraziamenti .....          | 175 |

# 1 Introduzione

## 1.1 Gli strumenti di pianificazione in Italia: dall'urbanistica al governo del territorio

L'insieme degli strumenti pubblici e degli indirizzi rivolti alla trasformazione e gestione del territorio, sia di area vasta che in ambito urbano, prendono il nome di pianificazione territoriale e urbanistica. Tra gli strumenti a disposizione della pianificazione sono presenti: piani, programmi. Questi strumenti rappresentano un ventaglio di opzioni di pianificazione e gestione flessibili, tenendo conto del contesto storico, socioeconomico e culturale del contesto nella quale devono essere applicati. Vista la loro estrema flessibilità, hanno visto e vedono un'evoluzione nel tempo, mantenendo però, fisso l'obiettivo per quale sono stati ideati: efficienza e utilità rispettando la sostenibilità delle opzioni proposte. Gli strumenti precedentemente citati possono essere definiti come:

- Piano: nella pianificazione del territorio, il termine piano si riferisce a un documento riportante un sistema complesso di decisioni e regole formulate da un ente pubblico con funzione di gestione territoriale. Attraverso il piano, l'ente comunica le decisioni e le norme utili al raggiungimento di obiettivi legati alla gestione del territorio. Il piano fornisce le linee guida essenziali per il conseguimento di un determinato modello di assetto territoriale, indicando anche le tempistiche per il raggiungimento di tali obiettivi. Inoltre, stabilisce le condizioni di base, il codice comportamentale e i vincoli cui devono aderire tutti i soggetti interessati dal piano;
- Programma: è una descrizione dettagliata delle azioni operative previste da un ente. Include una guida approssimativa su quali azioni o fasi devono essere compiute nel tempo per raggiungere gli obiettivi prefissati.
- Progetto: consiste nell'elaborazione di un modello di assetto urbano o territoriale, esplicitandone nel dettaglio la forma fisica, la localizzazione spaziale, le procedure e modalità necessarie per la realizzazione.

Spesso questi termini vengono erroneamente utilizzati come sinonimi, tuttavia presentano una differenza sostanziale. Il piano stabilisce le linee guida generali per il conseguimento di un obiettivo, mentre con il programma si predispone la sequenza di azioni finalizzate al conseguimento dell'obiettivo previsto dal piano. Il piano differisce anche dal progetto in quanto: il piano tratta un modello territoriale negli aspetti generali, il progetto, invece, va a prefigurare il modello territoriale nel dettaglio, fornendo anche elaborati estremamente specifici e dettagliati.

Gli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica in Italia hanno vissuto un'evoluzione fortemente legata alla storia del paese, guidati dalla rapida evoluzione della cultura urbanistica e delle trasformazioni del territorio. La base legislativa dell'attuale panorama della pianificazione è fondata sulla legge 1150 del 1942, conosciuta come "Legge urbanistica

fondamentale”. Questa legge è la prima che ha introdotto una sistemazione organica dei piani, definito diverse tipologie e livelli di piano. Prima della “legge urbanistica fondamentale” la pianificazione in Italia era guidata da esperienze di pianificazione delle maggiori città italiane. Per esempio, nel 1931, per la città di Roma venne prodotto il Piano Regolatore, rappresentando un’occasione di sperimentazione di strumenti normativi e procedure attuative, permettendo un avanzamento nella disciplina della pianificazione. Ulteriore elemento che ha rappresentato un punto di svolta antecedente al 1942 è l’introduzione della legge n. 1089 e la legge n. 1497 del 1939. La prima introdusse il concetto di tutela del patrimonio storico, mentre la seconda introdusse il concetto di tutela della bellezza ambientale. Inoltre, la legge 1497/1939 introdusse anche un nuovo strumento di pianificazione, il Piano paesistico. Il Piano paesistico mirava alla tutela dei beni paesistici ed al controllo delle trasformazioni interessanti questi ultimi.

La legge urbanistica fondamentale del 1942 ha introdotto un sistema di pianificazione territoriale strutturato su tre livelli gerarchizzati:

- Primo livello: i piani del primo livello vengono anche chiamati piani-quadro. Questi hanno lo scopo di fissare gli obiettivi programmatici riferiti ad un’area generalmente vasta con l’indicazione dei criteri direttori di destinazione d’uso del territorio, i fabbisogni infrastrutturali, la localizzazione di impianti e servizi di interesse generale. La loro funzione è quella di fornire un indirizzo per il conseguimento di obiettivi a lungo termine;
- Secondo livello: i piani di questo livello sono i piani detti generali. La loro funzione è quella di intercalare le linee guida dei piani quadro in un contesto territoriale specifici;
- Terzo livello: sono i piani attuativi. Si occupano della concretizzazione delle previsioni dei piani di livello superiore. Sono piani di dettaglio che affrontano aspetti specifici e forniscono le indicazioni necessarie per avviare le azioni necessarie per il conseguimento degli obiettivi.

Inoltre, la legge urbanistica fondamentale distingue due differenti scale di applicazione: la scala sovracomunale e la scala comunale. Gli strumenti di pianificazione a scala sovracomunale erano di appannaggio specifico degli enti di gestione di area vasta, quali stato, regioni e provincie, mentre i piani a scala comunale erano direttamente legati agli enti comunali, i quali assunsero un ruolo ancora più centrale e strategico nella pianificazione urbanistica. Per più di 40 anni, la pianificazione comunale è stata effettuata con l’impiego del Piano Regolatore Generale (PRG) come principale strumento, il cui compito era quello di suddividere il comune in zone omogenee e confermando sempre più l’espansione urbana come il fenomeno portante dei processi di pianificazione. Una pianificazione di più ampio respiro si è venuta a generare solo in seguito alla Riforma delle Regioni a statuto ordinario, con la quale si sono trasferite le funzioni in materia urbanistica dallo stato alle regioni (DPR 8/72 e 616/77). Negli anni 70’, si avvia una vivace produzione legislativa regionale incentrata sull’assetto del territorio finalizzate a sviluppare ed approfondire la pianificazione su più livelli amministrativi (Regione, provincia e comuni) già introdotta dalla 1150/42. Il processo di

decentramento amministrativo e il confronto con processi di espansione urbana e di diffusione insediativa e produttiva, ha rappresentato per la disciplina della pianificazione un'opportunità di confronto e di sviluppo per la pianificazione urbanistica, migliorando la capacità di intercettazioni dei fenomeni regionali e conferendo una maggiore capillarità di intervento. Tuttavia, fino alla fine degli anni 70, la legislazione ha favorito soprattutto la funzione regolativa del PRG.

Un importante passo verso il più moderno concetto di governo del territorio è stato conseguito con l'introduzione della legge 431 del 1985, conosciuta come "Legge Galasso". Il suo merito fondamentale è quello della declinazione del concetto di tutela ambientale, finora intenso solo come tutela dell'estetica del paesaggio come introdotto dalla legge 1497 del 1939.

A vantaggio della gestione del territorio, con la Legge Galasso si è normato nel dettaglio il Piano Paesistico introdotto con la 1497/39, rendendo obbligatoria la redazione di questi piani alle regioni. Nella nuova articolazione del piano paesistico, vengono individuati contesti territoriali come beni sottoposti a tutela in virtù della loro appartenenza a categorie specifiche di paesaggio, definendo anche delle fasce di rispetto e dei vincoli associati.

In materia di pianificazione a scala sovracomunale, la legge sull'ordinamento degli enti locali (142 del 1990), ha attribuito alle province l'obbligo di redazione dei Piani Territoriali di Coordinamento (PTC). Nel 2001 con la Riforma del titolo V della Costituzione, si va a costituire un nuovo rapporto tra Enti locali, Regioni, Stato e Unione Europea. L'art. 117 della costituzione introduce ufficialmente per la prima volta il termine "governo del territorio". Questo termine assume un significato complessivo, racchiudendo al suo interno i concetti di: urbanistica, edilizia, attività conoscitive e valutative, difesa del suolo e tutela del paesaggio. Il recepimento del concetto di "governo del territorio" dalla normativa nazionale è attualmente ancora assente; Infatti, l'innovazione nella pianificazione regionale è stata introdotta dalle leggi urbanistiche regionali, rivolte alla riarticolazione del Piano regolatore e dei suoi strumenti attuativi, alla ricerca di maggiore efficienza dello strumento.

Questa fase di rinnovo e innovazione permette di distinguere due orientamenti, anche se appartenenti a campi disciplinari diversi, mostrano punti di contatto proprio nel concetto di governo del territorio: il *planning* e la nuova urbanistica. Nel caso del *planning* si opta per la gestione dei processi di *governance* e di coordinamento di nuove politiche territoriali, mentre la nuova urbanistica presenta una componente fortemente innovativa generata dal fiorire delle leggi regionali.

Nel contesto attuale in cui si riscontra un decentramento di soggetti e poteri, la riuscita di uno strumento pianificazione è fortemente dipendente dall'interazioni dei soggetti coinvolti, nella logica della governance multilivello. Questo ha reso necessario l'introduzione di modelli di pianificazione che richiedessero forme di concertazione, negoziazione e argomentazione tra vari soggetti coinvolti. La concertazione è una forma di comunicazione in cui i soggetti coinvolti riportano opinioni e giudizi utili al processo di *decision-making*. Differisce dalla negoziazione in quanto questa tipologia di comunicazione mira a raggiungere un compromesso tra le parti. Il processo di argomentazione invece, mira al confronto tra soggetti con punti di vista differenti

che durante il processo si ridefiniscono sulla base dell'argomentazione (Perulli, 2004). L'introduzione del confronto e del coinvolgimento di più soggetti, pubblici o privati, va a creare una nuova forma di governance che influisce in maniera significativa sulla costruzione di nuove politiche e sulle forme di azione collettiva (Debernardi and Rosso, 2007). Queste nuove forme di governance multilivello del territorio hanno acquisito sempre maggior rilievo perchè: i soggetti ed enti locali hanno mostrato una difficoltà crescente all'implementazioni di politiche, la domanda crescente da parte dei cittadini di partecipare ai processi decisionali e la scarsa efficacia dimostrata dalle politiche *top-down* rispetto ad un approccio "dal basso", detto bottom-up basato sull'interazione dei soggetti interessati e la costruzione di un consenso comune (Vicari Haddock, 2004).

#### Livelli di Governo del Territorio

Come precedentemente introdotto, in Italia la legislazione fa riferimento a due tipologie di approccio: le leggi nazionali e quelle regionali, con uniche eccezioni per le provincie autonome. Le leggi nazionali rivestono un ruolo di quadri di riferimento e di indirizzo per le legislazioni regionale, le quali hanno competenza legislativa ed amministrativa in materia urbanistica e di governo del territorio.

Al livello nazionale la legge quadro più importante è la Legge urbanistica fondamentale, che ha trattato il territorio in modo organico e complessivo i diversi livelli di pianificazione del territorio, fornendo il quadro fondamentale degli strumenti di piano. Tutt'ora la legge urbanistica fondamentale è l'unica a fornire un quadro in materia di governo del territorio, nonostante l'esigenza crescente manifestatasi nel tempo. Questa legge quadro nazionale ha dettato gli indirizzi alle regioni che hanno provveduto ad emanare proprie leggi quadro in materia di governo del territorio. La decentralizzazione ha reso possibile la creazione di processi di innovazione portati avanti da ogni regione in termini di pianificazione del territorio. La legge urbanistica fondamentale individua, inoltre, diversi livelli di pianificazione, che per ragioni di natura amministrativa coincidono spesso con livelli istituzionali amministrativi; ad esempio, la Regione, la Provincia, la Città metropolitana ed il comune. Tuttavia, esistono anche altri piani specifici e settoriali, tra cui per esempio si menzionano i Piani di bacino, i quali non afferiscono a nessuna unità amministrativa.

Articolazione gerarchica in livelli della pianificazione territoriale in Italia. Di seguito si riporta un'estrazione dei principali piani di interesse nazionale e regionale.

Precedentemente sono stati esposti i diversi livelli della pianificazione. Il livello nazionale non prevede dei piani territoriali propriamente detti, ma come formulato dall'art. 81 del D.P.R. 616/1977, è di competenza nazionale l'identificazione delle "linee fondamentali di assetto del territorio nazionale con particolare riferimento all'articolazione e alla tutela ambientale ed ecologica del territorio nonché alla difesa del suolo".

Il livello sovraregionale presenta degli strumenti di pianificazioni non afferenti ad unità amministrative canoniche. Tra questi strumenti nel 1989 con la legge 183, è stato istituito il Piano di bacino, ovvero un piano ambientale settoriale con specifica attenzione alla difesa del territorio dai rischi idrogeologici. Con la legge 183 del 1989, il territorio nazionale è stato

suddiviso in bacini idrografici, di cui undici di rilevanza nazionale, sedici interregionale ed altri al livello regionale. In particolare, questa suddivisione ha reso necessario per i bacini di rilevanza nazionale, l'istituzione di specifici enti, che prendono il nome di Autorità di Bacino. I bacini interregionali vengono gestiti mediante l'intesa tra regioni e la formazione di un comitato istituzionale e di uno tecnico. I bacini di interesse regionale sono di competenza regionale. Con il Piano di Bacino vengono pianificate e programmate regole ed azioni finalizzate alla conservazione, valorizzazione e difesa del suolo, nonché al razionale utilizzo delle acque.

Al livello regionale i Piani territoriali di coordinamento regionale (PTC), istituiti con la legge 1150 del 1942, rappresentano lo strumento di maggior rilevanza a questa scala. I PTC sono piani che si limitano a trattare aspetti strutturali di rilevanza territoriale; le direttive espresse da tali piani sono da stabilirsi in rapporto a zone speciali o da vincolare, scelte localizzative di insediamenti e reti principali di comunicazione. I PTC sono strumenti che hanno una funzione di coordinamento degli strumenti di pianificazioni provinciali e comunali. Sempre a livello regionale sono presenti anche i quadri di riferimento regionale territoriale, questi sono strumenti di programmazione urbanistica dei quali alcune regioni si sono dotate per disporre di strumenti di coordinamento più flessibili e di carattere strategico, individuando il sistema di azioni utili al conseguimento degli obiettivi di piano. Introdotto dalla legge 1497 del 1939 e modificato successivamente nel 1985 con la "legge Galasso", il piano territoriale paesistico regionale è uno piano ambientale finalizzato ad azione e norme utili alla tutela e valorizzazione del paesaggio. I contenuti dei Piani territoriali paesaggistici sono esplicitati nel D.lgs. 42 del 2004, ovvero il Codice dei beni culturali e del Paesaggio o Codice Urbani.

Scendendo nel livello inferiore della gerarchia dei piani, si incontrano i piani con applicazioni al livello provinciale. Questi piani valgono sia per le amministrazioni Provinciali, che per le città metropolitane. Tra i piani di maggior interesse sulla scala provinciale, è possibile osservare il Piano territoriale di coordinamento provinciale. Questi piani sono stati istituiti con l'entrata in vigore della Legge sull'ordinamento delle autonomie locali (142 del 1990), che ha modificato ed integrato il contenuto tecnico per questi piani che è assimilabile a quello del PTC a livello regionale. Gerarchicamente al sotto del livello provinciale, si colloca il livello comprensoriale. Il comprensorio è un'area amministrativamente più piccola delle provincie e può essere costituita da un'aggregazione di comuni. I principali piani a valenza comprensoriale sono: I piani regolatori delle aree e dei nuclei di sviluppo industriale e i piani delle comunità montane. I primi sono piani urbanistici di settore finalizzate alla pianificazione d'ambito, in genere gestiti da consorzi. I secondi sono applicati nei territori ricadenti all'interno delle comunità montane, istituite nel 1971. Le comunità montane sono state individuate tramite caratteri morfologici e socioeconomici. I piani delle comunità montane sono finalizzati alla predisposizione di una programmazione per lo sviluppo socioeconomico di tali aree.

Il livello più capillare di pianificazione è quello comunale, tra cui il piano che presenta una maggiore importanza è il Piano Urbanistico Comunale Generale (PUCG). Questo piano è stato introdotto dalla legge urbanistica fondamentale con la denominazione di "Piano Regolatore Generale (PRG)". L'azione del Piano urbanistico comunale viene esercitata attraverso una

serie di contenuti: il recepimento delle prescrizioni e dei vincoli sovraordinati, definizione degli obiettivi di piano rispetto l'assetto territoriale, individuazione e disciplina degli usi del suolo e relativa determinazione degli standard, individuazione di zone omogenee e definizione degli interventi previsti e consentiti, individuazione di misure e regole per il recupero del patrimonio edilizio e la valorizzazione dei beni naturali e paesaggistici, localizzazione delle infrastrutture ed individuazione di una scala di priorità delle azioni di pianificazione.

In base all'unità amministrativa di applicazione, la finalità ed il contenuto specifico, gli strumenti di pianificazione possono essere categorizzati in cinque tipologie: Piani territoriali urbanistici, Piani ambientali, Strumenti di programmazione territoriale urbanistica, Programmi complessi, Piani e programmi di settore con rilevanza territoriale.

Ogni strumento di pianificazione presenta le proprie caratteristiche e finalità di utilizzo. I piani territoriali urbanistici (PTU) possono essere distinti in tre categorie: generali, di settore e attuativi. I PTU generali interessano l'intero sistema territorio e sono finalizzati ad azioni pianificatorie estese ad aspetti complessi e molteplici dell'assetto territoriale. Al contrario i PTU di settore si focalizzano su comprensori ed aree produttive. I PTU attuativi invece vanno a declinare nello specifico le regole stabilite mediante i PTU generali in ambiti territoriali di riferimento. I Piani ambientali sono focalizzati sulla valorizzazione e la tutela del sistema ambientale, valutandone i diversi caratteri, quali: valore paesaggistico, culturale, parchi ed aree verdi, la tutela del territorio dai rischi idrogeologici.

Gli Strumenti di programmazione territoriale urbanistica vedono un sistema di regole con cui le amministrazioni possono adottare per degli obiettivi di programmazione, ad esempio disporre di piani strategici.

I programmi complessi hanno permesso di abbandonare l'impostazione dirigista, ed accogliere una pianificazione di tipo concertativo. L'impostazione concertativa è basata su regole di pianificazione più flessibili e atte ad ottimizzare il coinvolgimento di privati nella trasformazione e nelle scelte sull'assetto del territorio.

*I piani di settore con rilevanza territoriale sono attuati da enti o autorità particolari per fini istituzionali e settoriali. Di seguito si porta un elenco non esaustivo dei principali piani di settore in Italia:*

- Piano dei Parchi (PP): Istituito dalla Legge quadro sulle aree protette, la 394 del 1991, il PP è lo strumento attraverso cui l'Ente parco persegue la tutela dei valori naturali, ambientali, storici, culturali e antropologici tradizionali cui è preposto. In coerenza con la legge istitutiva del Parco, il piano indica gli obiettivi specifici e di settore, le relative priorità e, mediante zonizzazione e norme, le destinazioni d'uso da osservare in relazione alle funzioni assegnate alle sue diverse parti. Di competenza regionale, questi piani ambientali di settore mirano alla corretta gestione e tutela di particolari aree protette. In particolare, il piano include i seguenti elementi:
  - Organizzazione generale del territorio e sua suddivisione in aree o parti caratterizzate da forme differenziate di uso, godimento e tutela;



- Vincoli, destinazioni di uso pubblico o privato e norme di attuazione relative alle varie aree o parti del piano;
- Sistemi di accessibilità veicolare e pedonale, con particolare attenzione ai percorsi inclusivi e facilmente accessibili;
- Sistemi di attrezzature e servizi per la gestione e la funzione sociale del parco, inclusi musei, centri visite, uffici informativi, aree di campeggio e attività agrituristiche;
- Indirizzi e criteri per gli interventi sulla flora, sulla fauna e sull'ambiente naturale in generale.

Il piano suddivide inoltre il territorio in base al diverso grado di protezione: Zona A di riserva integrale, Zona B di riserva generale orientata, Zona C di aree di protezione, e Zona D di aree di promozione economica e sociale.

Per parchi di rilevante interesse nazionale, la legge ha previsto anche l'istituzione di appositi enti parco;

- Piano Attività Estrattive (PRAE): Il piano delle attività estrattive rappresenta uno strumento fondamentale per la gestione del territorio, orientando le attività di ricerca e sfruttamento di materiali di cava e torbiera e regolando le pratiche di recupero ambientale delle aree coinvolte. Questo piano si inserisce all'interno della programmazione socioeconomica e territoriale e stabilisce linee guida e obiettivi per un uso sostenibile delle risorse naturali, mirando a conciliare le operazioni estrattive con la conservazione del territorio nelle sue dimensioni fisiche, biologiche e paesaggistiche. Nella fase di elaborazione del piano, vengono considerati diversi elementi cruciali:
  - Le previsioni sulla produzione totale di materiali estrattivi;
  - La stima delle necessità future di diversi tipi di materiali nel medio e lungo termine, per ottimizzare l'utilizzo delle aree coinvolte;
  - La valutazione della domanda di materiali sostituibili, attraverso il riutilizzo di materiali provenienti da demolizioni, restauri, ristrutturazioni, sbancamenti e drenaggi;
  - Il censimento delle cave e torbiere, sia in attività che dismesse, inclusa la quantificazione dei materiali residui ancora da estrarre.

Il piano include anche criteri per la definizione e l'individuazione dei poli estrattivi di significativo interesse economico. Questi criteri considerano le aree già utilizzate per l'estrazione e stabiliscono le modalità di delimitazione dei poli estrattivi di rilevanza regionale e quelli di importanza per la Città metropolitana o provinciale. In aggiunta, vengono previste disposizioni tecniche per la progettazione e la gestione delle cave e torbiere, nonché per il recupero ambientale delle aree estrattive. Il piano fornisce anche linee guida per identificare le zone idonee per le attività estrattive;

- Piano di Tutela delle Acque (PTA): Istituito dal D.lgs. 152/06 "Norme in materia ambientale" è il principale strumento di governo e gestione della risorsa idrica a scala

regionale, con la duplice finalità della tutela qualitativa e quantitativa della risorsa. Gli obiettivi del PTA sono:

- Attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati;
- Conseguire il miglioramento dello stato delle acque e individuare adeguate protezioni per quelle destinate a particolari usi;
- Favorire la riduzione dei consumi in tutti i settori idroesigenti;
- Perseguire usi sostenibili, efficienti e durevoli delle risorse idriche, con priorità per quelle potabili;
- Garantire il giusto equilibrio tra uso della risorsa e tutela degli ecosistemi acquatici in un contesto di forte scarsità idrica;
- Mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

Questi obiettivi rappresentano il quadro strategico per la gestione integrata e sostenibile delle risorse idriche regionali, mirato a bilanciare le esigenze umane con la protezione degli ecosistemi acquatici;

- Piano Energetico (PE) o Piano Energetico Ambientale (PEA): rappresenta uno strumento di pianificazione strategica dedicato alla programmazione e gestione delle risorse energetiche. Questo piano prevede azioni specifiche per lo sviluppo e l'ottimizzazione delle fonti rinnovabili, nonché per la razionalizzazione della produzione e del consumo di energia elettrica. Al suo interno, vengono delineati indirizzi e obiettivi strategici sia a lungo che a medio e breve termine. Il Piano fornisce orientamenti pratici, strumenti disponibili, riferimenti normativi e opportunità di finanziamento. Inoltre, il Piano Energetico stabilisce anche vincoli, obblighi e diritti per i soggetti economici coinvolti nel settore, inclusi i grandi consumatori e l'utenza generale. Tra i suoi obiettivi principali vi è la valutazione e la proposizione di soluzioni energetiche, dalle tradizionali alle innovative basate su fonti rinnovabili. Questo processo di valutazione tiene conto di diversi fattori, come la disponibilità territoriale, l'efficienza economica, il potenziale di sviluppo e l'impatto ambientale, sia in termini di modifiche territoriali che di emissioni di CO<sub>2</sub>. Pur avendo obiettivi e scadenze definiti, il Piano Energetico è progettato per essere flessibile e adattabile, in grado di rispondere ai cambiamenti del contesto e alle nuove opportunità e sfide, siano esse interne o esterne al territorio pianificato;
- Piano di Bacino distrettuale (PB): introdotto con la legge n. 183/1989 e successivamente modificato con la legge n. 152/2006. Il PB è uno strumento di pianificazione settoriale con funzione di coordinamento dei diversi piani relativi alle risorse idriche e alla difesa del suolo, come ad esempio il Piano di assetto idrogeologico. L'unità di pianificazione di riferimento per il PB è il bacino idrografico. Questo strumento è stato introdotto per superare le difficoltà di gestione causate dalla frammentazione territoriale basata su confini amministrativi. I piani di bacino si concentrano principalmente su opere e interventi volti alla difesa del suolo, al risanamento delle acque e alla gestione del patrimonio idrico. Per affrontare

efficacemente queste problematiche, è necessario considerare l'intera superficie del bacino idrografico. Con la legge n. 183/1989 vennero istituite le Autorità di Bacino, e nel 2006, con il D.lgs. n. 152, queste sono state sostituite dalle Autorità di Bacino Distrettuali. La normativa affida l'elaborazione e l'attuazione dei piani per i bacini di rilievo nazionale alle Autorità di Bacino Distrettuali, mentre le Regioni si occupano dei bacini di ordine inferiore;

- Piano di Assetto Idrogeologico (PAI): Il PAI è lo strumento di governo del territorio attraverso il quale l'Autorità di bacino distrettuale determinare un assetto territoriale che assicuri un equilibrio e una compatibilità tra le dinamiche idrogeologiche e la crescente antropizzazione del territorio. Inoltre, il PAI si propone di garantire la sicurezza degli insediamenti e delle infrastrutture esistenti e di favorire lo sviluppo sostenibile delle attività future. Per conseguire il miglioramento dell'assetto idrogeologico del bacino, il piano prevede interventi strutturali e disposizioni normative per la corretta gestione del territorio. Ciò include la prevenzione di nuove situazioni di rischio e l'applicazione di misure di salvaguardia in caso di rischio accertato. Le attività del PAI si articolano lungo tre linee principali:
  - Rischio idraulico: Gestione delle aree inondabili delle piane alluvionali;
  - Rischio geologico: Monitoraggio e mitigazione dei dissesti di versante e dei movimenti gravitativi;
  - Efficienza dei bacini montani: Miglioramento della difesa idrogeologica nelle zone montane.
- Il Piano Faunistico Venatorio (PFV): è stato introdotto dalla legge 157 del 1992, denominata 'Norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio'. Rappresenta il principale strumento di programmazione attraverso il quale le Regioni stabiliscono le linee guida per la pianificazione faunistico-venatoria. Questo avviene mediante una destinazione differenziata del territorio, che tiene conto delle specificità ambientali e socioeconomiche. Gli obiettivi generali del PFV includono la tutela e la conservazione della fauna selvatica, la protezione e la riqualificazione degli habitat e la regolamentazione dell'attività venatoria per garantire un prelievo sostenibile. Per le specie carnivore, il PFV prevede la conservazione delle capacità riproduttive delle popolazioni in densità sostenibili e il contenimento naturale delle specie in soprannumero. Per le altre specie, si mira a raggiungere la densità ottimale e a conservarle attraverso la riqualificazione delle risorse naturali e la regolamentazione del prelievo venatorio;
- Piano forestale di indirizzo territoriale (PFIT) (Corona et al., 2020): Con l'entrata in vigore del D.lgs. n. 34/2018, noto come Testo Unico Forestale (TUFF), è stato introdotto il concetto di PFIT. Le regioni possono sviluppare il proprio PFIT all'interno di comprensori territoriali omogenei per caratteristiche ambientali, paesaggistiche, economico-produttive o amministrative. Inoltre, i PFIT armonizzano i Piani di Gestione e Assestamento Forestali (PGAF). I PFIT contribuiscono alla redazione dei piani paesaggistici regionali e sono strumenti settoriali mirati a:

- Individuare, mantenere e valorizzare le risorse silvo-pastorali e il sistema socioeconomico associato, definendo obiettivi a medio-lungo termine, stabilendo le priorità e coordinando le attività necessarie per la loro tutela e gestione;
- Coordinare i diversi strumenti di programmazione e pianificazione territoriale e forestale, fornendo linee guida di gestione basate sulla funzione principale delle aree omogenee per destinazione d'uso.;
- Programmare e realizzare infrastrutture e impianti forestali per assicurare l'accesso ai boschi e l'implementazione delle azioni di gestione necessarie per la protezione e valorizzazione delle aree boschive e la crescita delle filiere forestali;
- Piano antincendio Boschivo (PAIB): La legge quadro sugli incendi boschivi ha affidato alle regioni la competenza in materia di previsione, prevenzione e lotta attiva agli incendi boschivi. Sulla base delle linee guida definite nel Dm 353 del 20 dicembre 2001 ha assegnato alle Regioni i compiti di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi, da programmare con un apposito Piano detto PAIB. I piani hanno valenza triennali, con revisioni annuali. In fase di redazione dei piani, ogni regione può adattare le linee guida definite dal Dm 353/2001 alle proprie realtà territoriali. I principali obiettivi del PAIB sono: l'individuazione degli elementi da tutelare e la predisposizione di misure preventive e di intervento in caso di incendio boschivo. Il PAIB si articola in tre parti: la previsione, la prevenzione e la lotta attiva.
  - Previsione: Identifica le cause e i fattori predisponenti agli incendi, le aree percorse dal fuoco, e valuta il rischio di incendio considerando le zone antropizzate e i periodi a maggior rischio.
  - Prevenzione: Determina le possibili cause di innesco, gli elementi strutturali del territorio utili al contenimento naturale degli incendi (come i tracciati spartifuoco), la disponibilità di fonti idriche, e include attività di gestione forestale e formazione del personale AIB, oltre a iniziative di educazione dei cittadini.
  - Lotta attiva: Descrive la struttura operativa AIB e le procedure di intervento, fornendo indicazioni sulla rete di sorveglianza, avvistamento e allarme. Include anche accordi specifici con il Corpo dei Carabinieri Forestali, il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e la rete del volontariato.

## 1.2 Il percorso attuativo degli strumenti di pianificazione: iter autorizzativo, VAS e approvazione

Il percorso necessario all'attuazione di un piano non è sempre un percorso lineare, in quanto l'iter autorizzativo viene definito dal disposto normativo che istituisce lo strumento di governo del territorio. Tuttavia, pur essendoci delle differenze in funzione della tipologia di piano, è possibile individuare delle fasi fondamentali che vengono di seguito elencate:

- Redazione del Piano;
- Valutazione ambientale Strategica (VAS);
- Adozione del piano;
- Approvazione del piano;
- Attuazione del piano
- Revisione e aggiornamento;

### 1.2.1 Redazione del Piano

La fase di redazione di un piano rappresenta l'insieme delle operazioni necessarie per trasformare i dati in politiche applicate. La procedura di pianificazione si articola a sua volta in quattro fasi: Inventario, definizioni (diagnosi), prese di posizione (prognosi) e politica territoriale. Tutto il processo di pianificazione deve essere condotto mantenendo un dialogo continuo con la comunità e gli *stakeholders*, al fine di assicurare che il processo di pianificazione sia trasparente e inclusivo.

- La fase di Inventario è il punto di partenza del processo di pianificazione territoriale. L'obiettivo che viene perseguito in questa fase è la raccolta e lo studio dei dati necessari per costruire una base informativa completa sul territorio. Le informazioni che vengono acquisite in questa fase dipendono da quale aspetto del territorio si vuole studiare, per esempio come viene utilizzato il suolo, quali sono le risorse naturali, quali infrastrutture sono già presenti, la distribuzione della popolazione e le attività economiche che interessano l'area oggetto di analisi. Attraverso la fase di analisi, si disporrà delle informazioni necessarie per l'avvio della fase successiva di pianificazione è l'identificazione delle problematiche e le opportunità che sono presenti sul territorio dell'area di studio;
- La seconda fase prende il nome di Definizioni, o Diagnosi territoriale. L'obiettivo conseguito in questa fase è l'impiego dei dati raccolti nella fase di inventario per comprendere e spiegare le dinamiche che si verificano sul territorio. Analizzare le dinamiche territoriali permette di comprendere le problematiche legate a questi processi e consente di spiegarne le cause che hanno fatto sì che tali processi si verificano. Contestualmente, in questa fase vengono identificate anche le opzioni che possono essere considerate come opportunità per il miglioramento delle condizioni territoriali considerando il fenomeno indagato. Questa fase è essenziale per la costruzione di una diagnosi chiara della situazione attuale del territorio, permettendo di ipotizzare delle previsioni future.
- La terza fase detta presa di posizione, o Prognosi, è mirata alla previsione di ciò che accadrà sul territorio, spostando il riferimento dal presente al futuro. In questa fase, vengono formulate delle previsioni di come i fenomeni che avvengono su un dato territorio possano condizionare il suo sviluppo, per far questo vengono utilizzate delle analisi di scenario. Le simulazioni hanno il compito di prevedere come potrebbe cambiare il territorio a seconda delle decisioni gestionali che vengono

prese. Analizzando gli impatti (es. economici, ambientali e sociali) di diverse strategie di sviluppo è possibile valutare quale tra le opzioni risulti essere la più vantaggiosa o sostenibile. In questa fase spesso risulta necessario il coinvolgimento degli stakeholder e delle comunità locali per assicurarsi che le previsioni siano realistiche e che le scelte future siano condivise.

- Infine, nella fase di Politica territoriale, le previsioni vengono trasformate in azioni concrete. In questa fase il coinvolgimento degli organi decisori sul territorio è essenziale per l'elaborazione di piani di sviluppo e strategie che guideranno la gestione e lo sviluppo del territorio. In questa fase il decisore politico, con il supporto del comitato tecnico scientifico, definisce le normative e i regolamenti necessari per attuare le politiche, creando leggi e procedure che assicurino che le scelte fatte siano implementate efficacemente. In questa fase viene anche stabilito chi è responsabile per le varie azioni e come devono essere monitorati i progressi del piano, consentendo di garantire che il piano venga correttamente seguito e che gli obiettivi vengano raggiunti.

Le fasi di pianificazione devono essere svolte contestualmente alla procedura di VAS.

### 1.2.2 VAS

Per fornire un'uniformità nel tema della disciplina ambientale in tutta l'Unione Europea (UE) e sfruttare al meglio il potenziale disponibile per la protezione ambientale e lo sviluppo sostenibile, è stata prodotta la Direttiva 42/2001/CE riguardante la "Valutazione degli effetti di determinati Piani e Programmi sull'Ambiente". Tale direttiva ha introdotto la procedura di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) contribuendo all'attuazione delle strategie comunitarie sullo sviluppo sostenibile, integrando le valutazioni ambientali nei processi decisionali strategici e definendo come obiettivo (art.1):

"garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente e di contribuire all'integrazione di considerazioni ambientali all'atto dell'elaborazione e dell'adozione di piani e programmi al fine di promuovere lo sviluppo sostenibile, assicurando che, ai sensi della presente direttiva, venga effettuata la valutazione ambientale di determinati piani e programmi che possono avere effetti significativi sull'ambiente".

Per spiegare a pieno l'obiettivo della direttiva VAS indicato all'art.1, bisogna interpretata insieme hai considerando, che vanno a dettagliarne gli scopi:

- il considerando 4 prevede che gli effetti dell'attuazione di piani e programmi siano presi in considerazione durante la loro elaborazione e prima dell'adozione;
- considerando 5, andare a vantaggio delle imprese fornendo un quadro più coerente in cui operare
- considerando 6, prevede la definizione di norme procedurali comuni necessaria a contribuire ad un elevato livello di protezione ambientale.

La direttiva considerata non viene applicata a tutti i piani e programmi esistenti, con l'art. 2 si inquadrano le caratteristiche che gli strumenti pianificatori devono presentare per essere assoggettati alla procedura di VAS. Con l'articolo 3 vengono definiti i criteri per determinare se i piani possono avere effetti sull'ambiente. La VAS viene applicata a quei piani che presentano due caratteristiche principali: sono prodotti o adottati da enti e devono essere previsti da disposizioni legislative, regolamentari o amministrative.

La direttiva VAS, trattandosi di uno strumento normativo emanati dall'Unione Europea, necessita il recepimento da parte degli stati membri. Il 29 aprile 2006 entrò in vigore il D.Lgs. 152, il testo unico in materia ambientale, chiamato anche Codice dell'ambiente. Tale codice è stato prodotto in seguito al recepimento della normativa europea e tratta di provvedimenti nazionali in materia di valutazione di impatto ambientale, difesa del suolo, tutela delle acque, gestione dei rifiuti, riduzione dell'inquinamento e del risarcimento dei danni ambientali. Il codice ambientale è composto da parti, di cui la seconda parte tratta di procedure per la VAS, per la Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) e Valutazione di impatto ambientale e per l'autorizzazione ambientale integrata. IL D.lgs. 152/2006 nella sua prima stesura, si limitava ad una disciplinazione settoriale, senza produrre un vero e proprio codice contenente principi regolativi della materia ambientale. Successivamente, con il D.lgs. 4 del 16 gennaio 2008, è stata apportata una modifica alla 152/2006. L'oggetto di tale modifica vedeva un focus particolare sulla promozione delle attività economiche secondo un modello di sviluppo più sostenibile con l'ambiente.

I principi contenuti nel Codice dell'ambiente costituiscono regole generali in materia ambientale, mirando alla tutela ambientale, lo sviluppo sostenibile, i principi di sussidiarietà e collaborazione, infine, accesso alle informazioni relative allo stato ambientale.

I concetti espressi da questi principi meritano di essere approfonditi:

- tutela ambientale: l'espressione tutela ambientale assume in questa accezione un senso più generale ed ampio; infatti, con tale principio vuole essere garantita a tutti la tutela non solo dell'ambiente, ma anche degli ecosistemi e del patrimonio culturale;
- sviluppo sostenibile, ovvero, garantire che il soddisfacimento dei bisogni di generazioni attuali non comprometta la qualità della vita e le possibilità delle generazioni future;
- sussidiarietà: Lo Stato interviene quando le regioni e gli enti locali non riescono a gestire efficacemente le questioni ambientali;

In merito alla VAS, come già citato nella seconda parte del codice dell'ambiente viene recepita ed adattata la direttiva per il territorio nazionale. La normativa nazionale rinnova l'obiettivo generale della VAS per i piani e programmi, ovvero, assicurare che le attività antropiche siano compatibili con lo sviluppo sostenibile, nel rispetto degli ecosistemi, delle risorse naturali, della biodiversità e dell'equa distribuzione dei vantaggi connessi all'attività economica. Tuttavia, alcuni piani e programmi aventi un ruolo strategico più alto ed una necessità di tempestiva applicazione, vengono esclusi dalla procedura di VAS, ad esempio quelli destinati

esclusivamente a scopi di difesa nazionale caratterizzati da somma urgenza o coperti da segreto di stato, piani e programmi finanziari e di bilancio, piani di protezione civile in caso di pericolo ed incolumità pubblica.

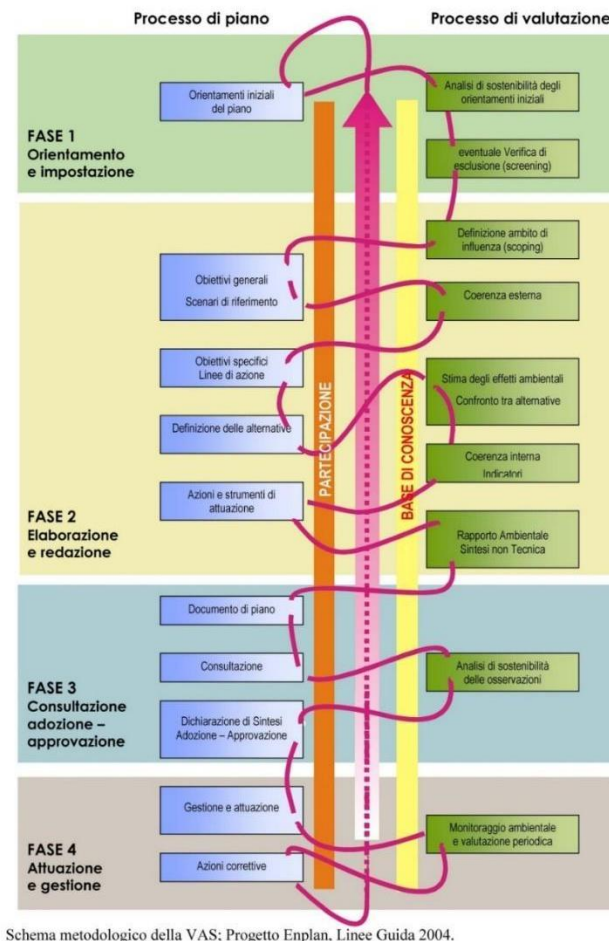
La procedura di VAS per esplicitare al meglio la propria efficacia, dovrebbe essere avviata in concomitanza con la redazione del piano o del programma. Ad avviare la VAS è l'autorità procedente alla formazione dello strumento di pianificazione, prima dell'approvazione dello stesso. Le fasi in cui si articola una VAS sono le seguenti (Figura 1):

- Verifica di assoggettabilità (*screening*); la fase di *screening* prevede la valutazione del rapporto preliminare per verificare se lo strumento di pianificazione deve essere assoggettato a VAS. Questo rapporto comprendente una descrizione del piano o programma, le informazioni e i dati necessari alla verifica degli impatti sull'ambiente dovuti all'attuazione del piano o. I criteri di assoggettabilità sono definiti nell'allegato I del decreto 152/2006. L'autorità competente trasmette il rapporto preliminare ai soggetti competenti in materia ambientale, che vengono individuati in collaborazione con l'autorità procedente, per acquisirne il parere. Dal recepimento delle osservazioni pervenute, verificato se il piano o programma possa avere impatti significativi sull'ambiente, l'autorità procedente emette il provvedimento di verifica, assoggettando o escludendo il piano o programma dalla valutazione. La verifica di assoggettabilità a VAS o la VAS per modifiche a piani e programmi già valutati riguarda solo gli effetti ambientali significativi non considerati in precedenza dagli strumenti sovraordinati.
- Elaborazione del rapporto ambientale; Questa fase è suddivisa in due step. Il primo step è la fase di *scoping*, in cui: Per i piani e programmi da assoggettare a VAS, il proponente e/o l'autorità procedente elabora un rapporto preliminare sugli impatti ambientali significativi del piano o programma. Per valutare l'effetto del piano sulle componenti ambientali, definite dalla D.lgs. 152/2006, vengono utilizzate delle analisi di scenario. Uno dei metodi utilizzabili è il modello *DPSIR* (*Driving forces, Pressure, State, Impact and Response* – Forze determinanti, pressioni, stati, impatti e risposte) (Schrevel and Kumar, 2010). Questo metodo usa un sistema di indicatori ed indici che permettono di rappresentare matrice ambientale, il che permette di utilizzare il metodo per fare dei report delle condizioni ambientali, verificare la pressione esercitata sull'ambiente ed i possibili risultati ottenuti dall'applicazione di interventi futuri. Da subito, entra in consultazione con l'autorità competente e con i soggetti competenti in materia ambientale per definire /la portata e il dettaglio delle informazioni da includere nel rapporto ambientale. La seconda fase riguarda la redazione del rapporto ambientale, redatto dal proponente o dall'autorità procedente, è parte integrante del piano o programma e lo accompagna durante tutto il processo di elaborazione e approvazione. Questo rapporto deve individuare, descrivere e valutare gli impatti significativi del piano o programma sull'ambiente e sul patrimonio culturale, oltre a considerare alternative ragionevoli basate sugli obiettivi e l'ambito territoriale. Le informazioni da includere sono specificate



nell'allegato VI del decreto. Il rapporto deve anche documentare la fase di *scoping* e come sono stati considerati i contributi ricevuti.

- Svolgimento della consultazione con gli stakeholders; La proposta di piano o programma, accompagnata dal rapporto ambientale e da una sintesi non tecnica, viene comunicata all'autorità competente e resa consultabile ai soggetti competenti in materia ambientale e al pubblico interessato. Questo permette loro di presentare osservazioni e fornire nuovi o ulteriori elementi conoscitivi e valutativi.
- Valutazione del rapporto ambientale e degli esiti della consultazione: L'autorità competente, in collaborazione con l'autorità procedente, acquisisce e valuta la documentazione presentata, le osservazioni, le obiezioni ed i suggerimenti ricevuti durante la consultazione, ed esprime il proprio parere motivato. L'autorità procedente, tenendo conto del parere motivato e dei risultati delle consultazioni, provvede alle opportune revisioni del piano o programma prima della sua presentazione per l'approvazione.
- Decisione e informazione sulla decisione; Il piano o programma, insieme al rapporto ambientale, al parere motivato e alla documentazione raccolta durante la consultazione, vengono inviati all'organo competente per l'approvazione. La decisione finale è pubblicata sui siti web delle autorità interessate, indicando dove è possibile consultare il piano o programma adottato e tutta la documentazione dell'istruttoria. Sui siti web delle autorità sono resi pubblici:
  - Il parere motivato rilasciato dall'autorità competente.
  - Una dichiarazione di sintesi che illustra come le considerazioni ambientali sono state integrate nel piano o programma, come è stato considerato il rapporto ambientale e i risultati delle consultazioni, e le ragioni della scelta del piano o programma adottato rispetto alle alternative possibili.
  - Le misure adottate per il monitoraggio.
- Monitoraggio: La fase di monitoraggio deve consentire il controllo degli effetti esercitati dall'applicazione dei piani sull'ambiente per individuare tempestivamente gli effetti negativi e prevedere l'applicazione di misure correttive. Gli effetti negativi in questione possono essere sia fattori di carattere endogeno, legati all'applicazione del piano, sia fattori esogeni, ovvero legati all'evoluzione del contesto locale a prescindere dall'applicazione del piano. Può verificarsi che le misure di compensazione o mitigazione adottate non consentano di eliminare gli effetti ambientali negativi per via della scarsa idoneità delle misure scelte o per l'applicazione di misure in maniera non corretta. Per rendere più facilmente interpretabile il monitoraggio, la valutazione viene fatta utilizzando indicatori.



Schema metodologico della VAS; Progetto Enplan, Linee Guida 2004.

**Figura 1** Schema metodologico VAS

### 1.2.3 Adozione del piano;

L'adozione di un piano è la fase dell'iter di autorizzazione con cui ci si riferisce all'atto formale con cui l'autorità competente approva un documento di pianificazione segnando il passaggio da una fase progettuale a una fase attuativa. Tale fase è parte di un processo complesso che coinvolge diverse dimensioni:

- **Politica:** L'adozione riflette le scelte strategiche di un'amministrazione, definendo le priorità per il territorio.
- **Giuridica:** Conferisce al piano forza di legge, rendendolo vincolante per tutti i soggetti coinvolti.
- **Sociale:** Implica una significativa partecipazione della comunità locale, che contribuisce a definire le scelte strategiche.

Quindi con l'adozione il piano diventa un documento ufficiale, assumendo un valore giuridico. Ciò significa che:

- **Diventa vincolante:** Tutte le decisioni future relative al territorio interessato dal piano dovranno conformarsi alle previsioni del documento di piano, garantendo coerenza e prevedibilità nelle azioni;

- Viene avviato il processo di attuazione: L'adozione dà il via alle procedure per mettere in pratica le azioni previste, definendo i ruoli e le responsabilità dei diversi attori coinvolti;
- Si definiscono i ruoli e le responsabilità: L'adozione del piano chiarisce i ruoli e le responsabilità dei diversi soggetti coinvolti nella sua attuazione;
- Fornisce una visione condivisa del futuro: Il piano definisce gli obiettivi a lungo termine, le strategie e gli indirizzi per raggiungerli, offrendo una visione chiara dello sviluppo futuro del territorio;
- Garantisce la coerenza delle azioni: Assicura che le diverse azioni intraprese siano coordinate e orientate verso un obiettivo comune.
- Crea un quadro di riferimento certo: Fornisce un punto di riferimento stabile per gli investimenti e le decisioni private, favorendo lo sviluppo economico.

La partecipazione dei cittadini e degli stakeholders durante il processo di adozione conferisce al piano una maggiore legittimità, rendendolo espressione delle esigenze della comunità.

#### 1.2.4 Approvazione del piano;

La fase successiva all'adozione è l'approvazione. Differenza sostanziale tra le due fasi è che l'adozione è un atto politico che esprime la volontà di un'amministrazione di adottare un piano, mentre l'approvazione è un atto tecnico-giuridico che verifica la conformità del piano alle leggi e ai regolamenti, conferendogli valore esecutivo e rendendolo il riferimento normativo per le successive fasi di attuazione. Nella fase di approvazione il piano viene sottoposto ad un'ulteriore consultazione, sia da parte degli organi istituzionali competenti sia da parte dei cittadini e degli altri stakeholders. Questa fase ha lo scopo di verificare la conformità del piano alle leggi vigenti, di raccogliere eventuali osservazioni e di apportare le modifiche necessarie per entrare nella successiva fase di attuazione.

In questa fase le principali attività che vengono svolte sono:

- La pubblicazione del piano: il piano viene pubblicato in gazzetta ufficiale e viene condiviso con tutti gli stakeholder ed i soggetti interessati.
- Presentazione delle osservazioni: I soggetti interessati possono presentare eventuali osservazioni, proponendo modifiche o integrazioni;
- Esame delle osservazioni: Le osservazioni vengono valutate dal comitato di redazione del piano e dagli organi competenti al fine di decidere se accoglierle o meno.
- Approvazione: In seguito alla valutazione delle osservazioni e le eventuali modifiche o integrazioni, l'organo competente approva il piano con un atto formale.

#### 1.2.5 Attuazione del piano

La fase di attuazione di un piano è il momento finale dell'iter autorizzativo di un piano, e coincide con la fase in cui le previsioni e gli obiettivi definiti nelle fasi precedenti vengono tramutati in realtà sul territorio tramite una serie di azioni concrete e coordinate.

La fase di attuazione è quella più operativa e consta delle seguenti fasi:

- Definizione degli strumenti attuativi, ovvero, degli strumenti di dettaglio che permettono di passare dalla pianificazione strategica alla realizzazione concreta delle opere ed attività previste. Sono essenziali per garantire che le attività di piano vengano trasformate in realtà in modo efficiente e sostenibile.
- Mobilitazione delle risorse: Si avvia il processo per individuare e attivare le risorse necessarie, sia finanziarie che di personale, per implementare il piano. Ciò può includere l'ottenimento di fondi pubblici, la creazione di accordi con enti privati e la formazione di collaborazioni tra il settore pubblico e quello privato.
- Realizzazione degli interventi: Conseguimento degli obiettivi del piano mediante l'esecuzione di interventi specifici, mirati e selezionati in base alla natura del piano e alle esigenze territoriali.

Per via della complessità e del numero di soggetti coinvolti nella fase di attuazione, può verificarsi che questa fase richieda molti anni per il raggiungimento degli obiettivi di piano. Nel corso del periodo di attuazione si possono verificare delle modifiche sostanziali nel contesto analizzato, rendendo necessari eventuali aggiustamenti degli obiettivi o del piano stesso. Per venire incontro a questa esigenza, gli interventi di piano sono soggetti a monitoraggio e valutazione.

### 1.2.6 Monitoraggio e Valutazione

Il monitoraggio e la valutazione costituiscono una componente essenziale nell'implementazione di qualsiasi piano, poiché consentono di verificare continuamente l'efficacia delle azioni svolte e di effettuare eventuali aggiustamenti. Questa fase è legata all'attuazione del piano e ne accompagna l'intero percorso fino al raggiungimento degli obiettivi stabiliti. Prima di applicare il monitoraggio e la valutazione è necessario partire da punti saldi quali:

- Definizione degli obiettivi: Prima di iniziare il monitoraggio, è fondamentale definire in modo chiaro e misurabile gli obiettivi del piano. Uno dei metodi per la definizione degli obiettivi è il metodo SMART. Tale metodo prevede che gli obiettivi scelti debbano essere: specifici, misurabili, rilevanti, realistici e temporalmente definiti.
- Selezione degli indicatori: Gli indicatori sono metriche che permettono di misurare e valutare i progressi verso gli obiettivi stabiliti. Gli indicatori vengono comunemente valutati utilizzando le matrici di monitoraggio, ovvero tabelle riassuntive che consentono una visione sinottica della situazione;
- Analisi condotta sugli indicatori: I risultati dell'analisi vengono utilizzati per apportare modifiche al piano, per pianificare i futuri interventi e per comunicare i progressi ai cittadini e agli *stakeholders*.

### 1.2.7 Revisione e aggiornamento

L'ultima fase del processo di autorizzazione di un piano è la fase di revisione e aggiornamento. Serve a garantire che i piani e gli obiettivi rimangano pertinenti e allineati con la realtà in continua evoluzione e consiste nell'esaminare in modo critico i piani, gli obiettivi, le azioni e gli indicatori utilizzati per valutare le performance del piano. Con questa fase viene garantito che il piano sia ancora valido alla luce dei nuovi contesti e delle nuove informazioni disponibili sul territorio, rendendo lo strumento di governo del territorio più flessibile e versatile. La fase di revisione e aggiornamento viene comunemente prevista ad intervalli regolari (es. ogni 5 anni), ma dipende da diversi fattori, come la complessità del progetto, la volatilità del contesto e le esigenze dell'organizzazione. Potrebbe essere necessario effettuare delle revisioni nel caso in cui si verificassero degli eventi improvvisi che abbiano una ripercussione importante sul territorio o sul fenomeno che si sta pianificando, oppure, se durante il monitoraggio si ravvisi uno scostamento importante tra gli obiettivi prefissati e quelli ottenuti.

Comunemente gli aspetti che sono oggetto di revisione sono:

- Obiettivi: Devono ancora essere validi per il contesto analizzato e devono rispettare i canoni della metodologia SMART.
- Indicatori: la revisione degli indicatori può essere legata alla perdita della capacità degli indicatori di intercettare e valutare i nuovi processi in atto.
- Pianificazione: Verificare se le azioni pianificate mantengono la loro efficacia per il raggiungimento degli obiettivi.
- Assegnazione delle risorse: Viene valutato se le risorse (economiche o di personale) sono sufficienti e se la loro allocazione è quella ottimale.

## 1.3 Il PAR: presupposti normativi e finalità

Come precedentemente citato, l'introduzione della normativa relativa al governo del territorio è demandata alle regioni, le quali hanno prodotto tramite apposite leggi regionali le "Norme sul governo del territorio". La regione Lazio ha adottato tali norme con la L.R. n. 38 del 1999 e la finalità di tali norme è la regolazione della tutela degli assetti, delle trasformazioni e delle utilizzazioni del territorio stesso e degli immobili che lo compongono. Per l'ottenimento di questi fini la L.R. 38/99 riorganizza la disciplina della pianificazione territoriale e urbanistica, indicando anche gli obiettivi generali delle attività di governo del territorio. Per facilitare il processo di pianificazione, vengono individuati i soggetti coinvolti e le loro relative competenze. Il termine tutela nell'ambito della L.R. 38/99 si declina come mantenimento dell'integrità fisica, dell'identità culturale del territorio, inoltre si considera anche il miglioramento del sistema insediativo ed all'eliminazione di squilibri sociali, territoriali e settoriali per lo sviluppo sostenibile della Regione.

L'azione principale svolta da questo provvedimento normativo è la regolamentazione della pianificazione territoriale ed urbanistica della regione Lazio. Gli obiettivi del governo del territorio definiti dalla legge sono:

- la salvaguardia e la valorizzazione dell'ambiente, degli aspetti socioculturali;
- la prevenzione di rischi all'uso del territorio e delle risorse;
- La riqualificazione degli insediamenti storici ed il recupero del patrimonio edilizio, ambientale e insediativo;
- La riqualificazione degli insediamenti periferici e delle aree degradate per la riduzione delle situazioni di svantaggio territoriale.

Gli strumenti previsti dalla L.R. per il governo del territorio agiscono alle 3 scale amministrative: Regionale, Provinciale e Comunale. Gli strumenti previsti a scala regionale sono il Piano Territoriale Regionale Generale (PTRG) e le sue declinazioni settoriali. Per la scala provinciale, l'azione pianificatoria viene esplicata mediante il Piano Territoriale Provinciale Generale (PTPG), che può assumere l'efficacia di un piano di settore nell'ambito della protezione della natura e tutela ambientale, acqua e difesa del suolo e tutela delle bellezze naturali. Infine, per la scala comunale è previsto il PUCG.

Oltre a normare il panorama degli strumenti pianificatori sul territorio regionale, la L.R. 38/99 introduce dei vincoli per l'edificazione in zona agricola. Nelle zone agricole è vietata l'edificazione di nuovi edifici, tranne per l'edificazione necessaria per lo svolgimento dell'attività agricola e la L.R. definisce l'attività agricola in due aspetti talvolta complementari: l'attività agricola aziendale e le attività multimprenditoriali agricole. Con il termine multimprenditorialità agricola, la legge individua:

- le attività di turismo rurale;
- vendita e trasformazione di prodotti derivante dall'attività agricola aziendale;
- ristorazione e degustazione dei prodotti derivanti dall'attività agricola aziendale;
- attività culturali didattiche, sociali, ricreative, sportive e terapeutico riabilitative;
- accoglienza e assistenza degli animali;
- produzione delle energie rinnovabili, anche con la realizzazione di impianti di trattamento di scarti vegetali o liquami.

I requisiti necessari che un'azienda agricola deve possedere per aver diritto a nuova edificazione sono: avere il titolo di imprenditore agricolo, coltivatore diretto e imprenditore agricolo professionale. Inoltre, l'azienda deve avere un'estensione minima (unità minima aziendale) di 1 ha ed un lotto minimo di 3 ha anche non contigui ma comunque all'interno dello stesso territorio comunale. La legge prevede anche un indice di fabbricabilità differenziato in base alle caratteristiche dell'azienda. Per le aziende che non presentano i requisiti dimensionali, dietro dimostrazione di una necessità di edificazione, è possibile andare in deroga ai requisiti con la presentazione di un Piano di Utilizzazione Aziendale (PUA). Anche nel caso in cui fosse consentita l'edificazione, le norme di governo del territorio impongono prioritariamente il recupero delle strutture esistenti, permettendo in caso di recupero l'incremento della cubatura per adeguamento igienico sanitario.

Tuttavia, aver introdotto un'unità minima aziendale ed un lotto minimo fissi per tutto il territorio regionale, può generare dei problemi di disparità tra le diverse aree del territorio regionale. Per

rispondere a questa ed altre esigenze di gestione del territorio agricolo, la regione Lazio ha previsto la redazione di uno specifico piano di settore, il Piano Agricolo Regionale (PAR).

Il PAR del Lazio è stato introdotto tra gli strumenti di governo del territorio con la L.R. 7 del 2017, ovvero, “Disposizioni per la rigenerazione urbana e per il recupero edilizio”, trovando collocazione all’art. 52 della L.R. 38/99. L’art. 52 definisce il PAR come uno strumento settoriale che regola le zone omogenee E (ovvero le aree agricole e forestali), inserendosi nel quadro degli strumenti per il governo del territorio con l’obiettivo di esplicitare, specificare e integrare i contenuti del PTRG. Il PAR si propone anche come strumento di indirizzo e coordinamento per la pianificazione extraurbana a livello comunale che, in certi casi, si è rivelata non pienamente adeguata a gestire i fattori ambientali, produttivi e insediativi legati a processi di scala e d’area più ampia.

Le programmazioni specifiche del PAR sono individuate nelle seguenti normative:

- L.R. 7 dicembre 1990 n.87 e ss. mm. ii ovvero “Norme per la tutela del patrimonio ittico e per la disciplina dell’esercizio della pesca nelle acque interne del Lazio”;
- L.R. 2 maggio 1995 n. 17 relativa a “Norme per la tutela della fauna selvatica e la gestione programmata dell’esercizio venatorio”, con particolare riferimento al titolo II “Pianificazione del territorio istituiti per l’incremento della fauna selvatica e per il miglioramento ambientale”;
- L.R. 2 novembre 2006 n. 14 concernente le “Norme in materia di diversificazione delle attività agricole”;
- Regolamento regionale 6 ottobre 2011 n.8 di attuazione e integrazione della legge regionale 24 dicembre 2008, n.29 “Norme sull’organizzazione di produttori agricoli, sugli accordi regionali per l’integrazione delle filiere e sulle filiere corte”;
- L.R. 16 marzo 2015 n.4, relativa gli “Interventi regionali per la conservazione, la gestione, il controllo della fauna selvatica, la prevenzione e l’indennizzo dei danni causati dalla stessa nonché per una corretta regolamentazione dell’attività faunistico-venatori. Soppressione dell’osservatorio faunistico-venatorio regionale”;
- Programma di Sviluppo Rurale (PSR) 2014-2020 come approvato dalla Commissione Europea n. C (2015) 8079 del 17 novembre 2015.

I contenuti e gli indirizzi del PAR sono stati dettagliati con la DGR 594 del 02 agosto 2019, che di seguito vengono riepilogati, mostrando un piano che debba ricoprire un duplice ruolo: di valenza territoriale volto alla pianificazione urbanistica del territorio e piano di indirizzo e programmazione delle politiche di gestione per la tutela e lo sviluppo rurale. Con l’implementazione del PAR si mira a conseguire lo sviluppo e la salvaguardia di tutto il contesto rurale, ovvero un concetto che travalica dalla relazione diretta, rurale uguale agricolo, ma investe un nuovo paradigma dove con il termine rurale si fa riferimento alle attività e le popolazioni presenti nel territorio agro-silvo-pastorale, alle attività di gestione delle risorse naturali (es. gestione faunistica, ittica, forestale ecc), alle aree rurali marginali e i borghi rurali, ed alle tradizioni e la cultura. Proprio per questa ragione, il PAR ricopre il ruolo di strumento che non si occupa solo del territorio agricolo, ma del territorio in generale.

La DGR 594/2019, va a considerare il PAR come uno strumento di programmazione unitaria per il sistema rurale del Lazio, fungendo da ponte tra il contesto rurale e il sistema produttivo, comprendendo tutte le attività economiche legate all'agricoltura. Il PAR mira non solo a promuovere lo sviluppo dell'intero comparto agricolo, ma anche a favorire lo sviluppo di attività connesse alla difesa e conservazione del suolo agricolo. Questo, rappresenta la fonte di riferimento per la programmazione del sistema produttivo agricolo regionale, individuando gli elementi chiave per la pianificazione delle attività rurali aziendali, la gestione sostenibile delle risorse naturali, anche con finalità produttive, e la tutela e lo sviluppo del sistema rurale complessivo.

Obiettivo del PAR, necessario per la corretta gestione del territorio e per la riduzione delle tempistiche e per la semplificazione delle procedure del sistema amministrativo, è la zonizzazione. Il territorio regionale dovrà essere zonizzato considerando la vocazionalità agricola prevalente. Il concetto di vocazionalità è stato declinato dalla DGR considerando: la disponibilità idrica, areali per la produzione di qualità, lo stato delle infrastrutture, la frammentazione fondiaria, il livello di antropizzazione e le caratteristiche tecnico economiche e produttive dei territori. Inoltre, nella definizione di vocazionalità, è stato considerato anche l'importanza che alcune attività agricole tradizionali hanno sul territorio, un esempio è rappresentato dalla selvicoltura e la zootecnia brada le quali sono attività prioritarie e da incentivare nelle aree marginali e montane per contrastare il fenomeno dell'abbandono e per la prevenzione dei rischi idrogeologici dovuti al mancato presidio del territorio.

Particolare attenzione è destinata anche alla vocazionalità di forme di multimpreditorialità agricola come l'agricoltura sociale ed il sistema agrituristico. Inoltre, la DGR va a conferire un ruolo importante anche alla produzione di energie rinnovabili sul territorio agricolo per contrastare le problematiche relative al cambiamento climatico e al contempo tutelare il suolo agricolo.

Per ogni zona individuata, che prenderà il nome di ambito rurale omogeneo, dovranno essere previste delle linee di sviluppo delle attività rurali, utili per indirizzare la programmazione di settore. Per ogni ambito, sarà necessario definire il lotto minimo e l'unità minima aziendale, ovvero la minima superficie richiesta ad un'azienda per lo svolgimento dell'attività agricola. Per il conseguimento degli obiettivi precedentemente riportati, è necessario eseguire una caratterizzazione degli ambiti finalizzato a classificare il suolo interessato dalle attività agricole, definire l'azienda agricola principalmente correlata agli ambiti rurali, definire dei metodi di coltivazione e di allevamento utilizzati per l'attività agricola tradizionale, individuare le aree marginali e prevedere una classificazione dei borghi rurali.

La DGR pone il PAR come lo strumento che deve mirare anche allo sviluppo di un'agricoltura distrettuale, mediante la creazione di filiere produttive.

In sintesi, il PAR si inserisce come uno strumento innovativo che vuole perseguire i numerosi obiettivi che scaturiscono dalla visione appena descritta: valorizzare l'identità rurale e rafforzare la sostenibilità, l'inclusione sociale e lo sviluppo locale, nonché la resilienza delle aziende agricole e delle comunità rurali, nella consapevolezza che la vitalità dell'agricoltura



non sia concepibile se non in un contesto locale e regionale esso stesso dinamico e in sviluppo.

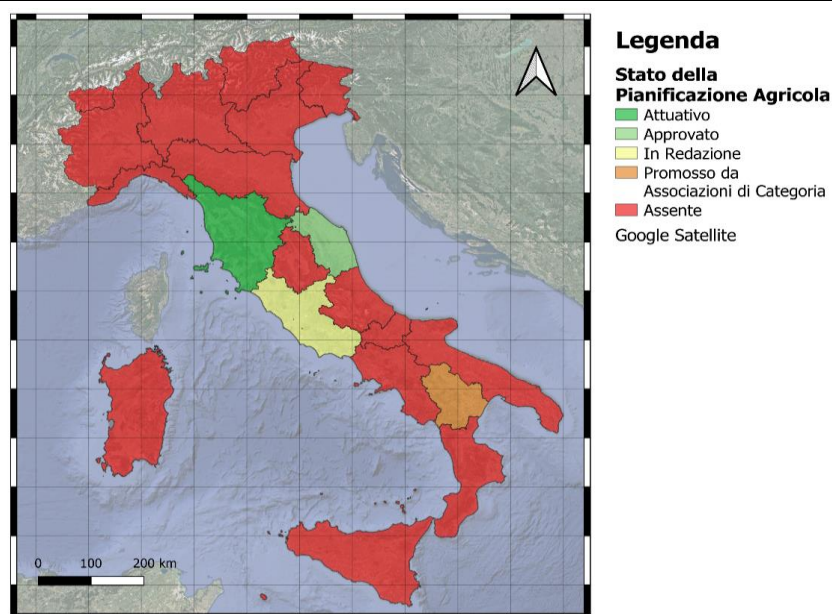
### 1.3.1 Procedura autorizzativa PAR

Come indicato nei precedenti paragrafi, l'iter autorizzativo di uno strumento di governo del territorio viene definito dal disposto normativo che lo istituisce; In particolare, per il PAR nell'allegato B della DGR 594/2019, viene indicata la procedura di approvazione. La procedura prevede le seguenti fasi:

- Costituzione di una Cabina di regia interna: composta da 11 componenti, tra cui: il direttore della Direzione Regionale Agricoltura, Promozione della filiera e della cultura del cibo Caccia e Pesca, il Dirigente dell'area con competenza in materia di pianificazione agricola regionale della Direzione competente in materia di Agricoltura, 8 rappresentanti della Direzione in materia di agricoltura ed un rappresentante dell'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e L'innovazione dell'Agricoltura del Lazio (ARSIAL). La Cabina di Regia concorre alla redazione del PAR e lo sottopone alla Commissione tecnica;
- Costruzione di una commissione tecnica propositiva-consultiva: La commissione è composta da soggetti esterni all'amministrazione regionale ed è composta da: l'Assessore regionale competente in materia di agricoltura, che ricopre il ruolo di presidente, un rappresentante per ciascuna organizzazione professionale regionale agricola (CIA, Confagricoltura, Coldiretti e Copagri), un rappresentante dell'Ordine degli Agronomi e Forestali, uno del Collegio dei Periti Agrari e Periti Agrari laureati e uno del Collegio degli Agrotecnici e Agrotecnici laureati. La Commissione svolge la funzione propositiva verso la Cabina di Regia e una funzione consultiva, garantendo una logica *bottom up* di redazione del piano:
- Predisposizione della Proposta di PAR da sottoporre alla prima approvazione della Giunta Regionale;
- Acquisizione del parere rilasciato dal comitato urbanistica di cui all'art'16 della L.R. 38/99. Tale comitato è composto da: il direttore del dipartimento regionale competente in materia urbanistica, nove esperti esterni all'amministrazione regionale esperti in materia di pianificazione, dai dirigenti delle strutture regionali competenti in materia di programmazione e pianificazione territoriale, paesaggistica ambientale ed urbanistica, da due funzionari esperti della direzione regionale territorio ed urbanistica;
- Approvazione dello schema del PAR da parte della Giunta Regionale;
- Avvio della fase di VAS;
- Controdeduzioni alle osservazioni avanzate in sede di VAS;
- Approvazione del PAR da parte della Giunta Regionale e invio al Consiglio Regionale;
- Espressione dei pareri vincolanti delle competenti Commissioni Consiliari;
- Fase di approvazione finale del PAR da parte del consiglio Regionale.

### 1.3.2 Esperienze delle altre regioni nella pianificazione agricola regionale

Visti i presupposti contenuti nella DGR 594/2019, il PAR si articola come uno strumento di governo del territorio unico nel suo genere. L'attenzione del pianificatore ricade sul settore agricolo, non inteso come elemento separato dal territorio e dal paesaggio, ma come parte dello stesso che ne condiziona e ne plasma la forma e le funzioni svolte. L'aspetto fortemente innovativo del PAR emerge anche dalla lungimiranza con la quale è stato ideato, con l'obiettivo di pianificare quelle aree che vengono considerate dagli altri piani territoriali, delle aree bianche e di solo riempimento. Questo è assai sbagliato, in quanto le aree agricole per la loro funzione e per loro natura sono fornitrici di servizi ecosistemici essenziali per la vita dell'uomo e degli altri organismi viventi. L'importanza di pianificare le aree agricole però non è stata riconosciuta da tutte le regioni d'Italia; infatti, solo alcune amministrazioni sono dotate di tale piano. L'unico elemento di governo del territorio presente in tutta l'Italia è il PSR, il quale però è un programma, che, come tale, prevede delle azioni per il conseguimento degli obiettivi prefissati nel breve-medio periodo. Tuttavia, per lo sviluppo e la salvaguardia del settore agricolo italiano, risulta importante prefiggersi il conseguimento di obiettivi di lungo periodo che permettendo di guidare il settore verso uno sviluppo sostenibile ed economicamente rilevante. In Figura 2 viene riportata una panoramica della pianificazione agricola in Italia, considerando come unità amministrativa di riferimento le regioni.



**Figura 2** Panoramica delle regioni italiane dotate di strumenti di pianificazione agricola

Ad oggi l'unica regione dotata di uno strumento attuativo di pianificazione agricola è la Toscana, in cui il primo PAR è stato redatto nel 2008. Lo strumento ha subito delle modificazioni e aggiornamenti prendendo il nome di Piano Regionale Agricolo Forestale (PRAF), il quale integra diversi strumenti settoriali, tra cui il Piano Agricolo Regionale, il Programma Forestale Regionale, il Piano faunistico venatorio, il Piano per la Pesca marittima e l'acquacoltura e il Piano per la pesca nelle acque interne. Il PRAF, approvato nel 2012, attua la Legge Regionale n. 1/2006 e ha come obiettivi il miglioramento della competitività aziendale,

del reddito agricolo e della qualità delle produzioni. Inoltre, si propone di sostenere la qualità ambientale e paesaggistica, diversificare l'economia rurale e migliorare la qualità della vita nelle zone rurali. Il PRAF coordina le politiche regionali di sviluppo rurale in linea con le direttive nazionali e comunitarie, promuovendo risorse locali, imprese agricole e associazioni. Favorisce lo sviluppo rurale, l'innovazione, le produzioni agroalimentari, la tutela ambientale e supporta l'imprenditoria giovanile e femminile. Le misure e azioni del PRAF sono definite annualmente dalla Giunta Regionale, che stabilisce le modalità di attuazione, gestione e controllo del piano, assicurando la flessibilità nella gestione delle risorse finanziarie.

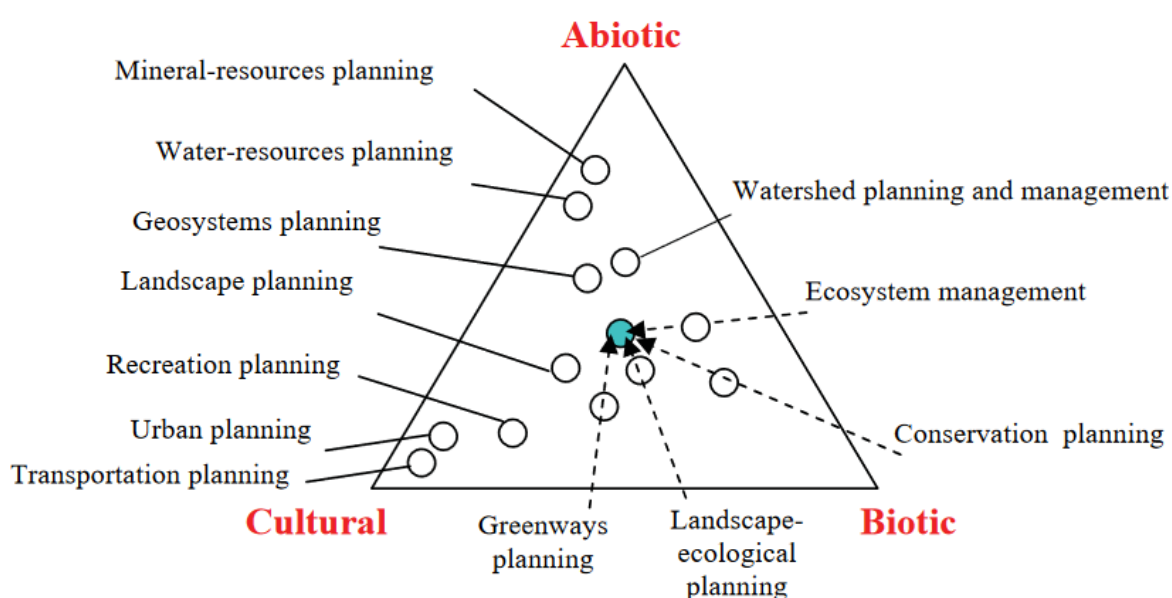
Da un comunicato effettuato dalla regione Marche il 12/07/2004, risulta l'approvazione di un PAR per tale regione, tuttavia, non si riscontra su nessun'altra fonte la presenza del suddetto piano. Dal comunicato si evince come il PAR venga considerato come un punto di riferimento per l'agricoltura, ma anche per lo sviluppo delle aree interne, la salvaguardia ambientale e del paesaggio e di promozione turistica, affrontando però anche temi riguardanti la sicurezza alimentare. Il piano mira a trasformare il settore in un pilastro fondamentale dello sviluppo sostenibile, capace di coniugare produzione alimentare, tutela ambientale e sviluppo economico. Gli obiettivi del piano possono essere riassunti in 7 punti: Sostenere le imprese agricole migliorando la competitività attraverso ricerca, innovazione, assistenza tecnica, sviluppo della qualità e promozione, adeguare i servizi di sviluppo: per offrire un supporto efficace alle imprese agricole, affermare il sistema agricolo promuovendo prodotti di alta qualità, valorizzare le produzioni regionali attraverso azioni di promozione e marketing, tutelare l'ambiente ed il paesaggio preservando lo spazio rurale e le risorse naturali, mantenere il tessuto sociale nelle aree interne promuovendo l'insediamento di giovani e l'attività integrative di reddito, e sviluppare i distretti rurali come aree prioritarie per gli interventi.

L'opportunità di sviluppo che scaturisce da uno strumento di pianificazione del territorio agricolo e dell'agricoltura è stata riconosciuta anche dalle associazioni di categoria. In Basilicata l'associazione CIA ha manifestato l'interesse nei confronti del Piano Agricolo, presentando un loro piano il 20 marzo 2024 a Potenza e basato su linee programmatiche definite nell'Assemblea di Cia-Agricoltori Italiani del 30 novembre 2023 a Roma. Nel Piano Agricolo Alimentare (PAA) viene analizzato il contesto regionale, evidenziando il calo del reddito degli agricoltori a causa dell'aumento dei costi di produzione e delle difficoltà nel sistema delle filiere. Propone nuovi rapporti equi tra il settore produttivo primario, l'agro-industria, le PMI e i servizi per migliorare la qualità e la sicurezza alimentare. Il PAA è un vero e proprio piano di settore; tuttavia, potrebbe rappresentare l'occasione per la Regione Basilicata per avviare un processo di pianificazione che permette la trasformazione del PAA in un piano di più ampio respiro, che abbia valenza settoriale ed anche territoriale.

## 1.4 Obiettivo del lavoro di ricerca

Nel panorama degli strumenti di pianificazione nazionali, il PAR rappresenta senza dubbio una novità nella pianificazione territoriale, unendo l'aspetto territoriale con l'aspetto più settoriale del mondo agricolo. Questo piano mira a valorizzare il potenziale produttivo agricolo, ma

anche a considerare le opportunità e le sfide del territorio rurale nel suo complesso. Pertanto, è necessaria un'analisi approfondita che non si limiti a ad una pianificazione economica o sociale (Burchell and Sternlieb, 1978; Fabos, 1985), ma che miri ad applicare una valutazione complessiva del contesto socio-economico e paesaggistico, migrando verso un approccio più moderno di *spatial planning* (Steiner, 2004). Questo approccio sposta il punto focale dal sistema socio-economico, legato solo alla vecchia concezione produttivistica, al paesaggio e la sua “ecologia”, che potremmo definire in questo caso un sistema socio-ecologico. uno dei modelli di rappresentazione del sistema proposto da Ahern suddivide il sistema in tre componenti principali: sfera abiotica, sfera biotica e sfera culturale (Ahern, 1995). Questa suddivisione consente di collocare gli strumenti di governo del territorio in base alla loro interazione con questi tre sistemi (Figura 3).



**Figura 3** Il continuum di pianificazione delle risorse abiotiche, biotiche e culturali

Questo modello risulta estremamente appropriato per la valutazione del territorio agroforestale, soprattutto perchè l'uomo può essere considerato sia nel sistema culturale che in quello biotico, con l'introduzione della cosiddetta Noosfera. Proprio in questa visione prende piede l'idea della pianificazione ecologica e sostenibile, strettamente correlata alla pianificazione fisica, che mira a ottimizzare la distribuzione e l'allocazione del territorio, spesso in un contesto di spazio limitato (Botequilha-Leitão, 2003; van Lier, 1998). Intrinsecamente legato alla pianificazione sostenibile, si diffonde e consolida il concetto di carrying capacity (CC) di un sistema (Lin, 2009; Stigebrandt, 2011). Il termine CC nasce inizialmente per applicazioni delle scienze naturali ed esprime la capacità che ha un ambiente di supportare una determinata popolazione. Nell'ambito della pianificazione il concetto CC può essere visto come un modo per costruire un rapporto positivo tra l'attività antropica e l'impatto delle stesse sul territorio, al fine di perseguire un uso più sostenibile delle risorse (di

Iacovo et al., 2012). Questo concetto può essere utilizzato in fase di pianificazione per ipotizzare interventi sostenibili, intesi come interventi che rispettano la CC dell'ecosistema, consentendo a quest'ultimo di subire un'azione esterna senza pregiudicare i suoi caratteri peculiari, la salute pubblica e la sicurezza socio-economica (Leone et al., 1997; Steiner, 2004). Promuovere la sostenibilità è diventato un principio guida nella pianificazione dell'uso del territorio (Forman, 1995). Al fine di abbracciare la logica della pianificazione sostenibile, ha preso sempre più piede la cosiddetta pianificazione fisica, che si identifica con il processo di definizione armonica degli usi del suolo secondo procedure volte a studiare i sistemi biofisici e socioculturali di un'area, per evidenziare potenzialità e criticità e definire le aree migliori giudicate intrinsecamente idonee per un potenziale uso del territorio. Essa punta quindi alla ricerca degli equilibri e alla verifica delle compatibilità; utilizza perciò metodi e tecniche di analisi quantitative che permettono di quantificare le risorse, di valutarne le disponibilità e, essendo il patrimonio di risorse limitato, di definire strategie di utilizzazione e di gestione adeguate tese ad evitare il consumo eccessivo delle stesse o un loro sottoutilizzo.

Un ulteriore passo avanti è stato fatto dall'introduzione della pianificazione per processi. Questo modello di pianificazione non modifica l'iter classico di redazione dei piani (inventario, analisi, sintesi, politica), ma inserisce un nuovo approccio alle fasi di pianificazione, mediante la valutazione dei processi territoriali. La pianificazione per processi è basata su un approccio fisico, ma rappresenta un'evoluzione della pianificazione fisica canonica in quanto va a individuare altri elementi per la valutazione territoriale (Moss, 1985):

- grandezza di inventario: vengono individuate nella fase di inventario anche nello *spatial planning* classico. Possono essere considerate come variabili statiche, che permettono di valutare quantitativamente i singoli caratteri del paesaggio;
- processo territoriale: elemento innovativo introdotto nella pianificazione per processi, ovvero, il focus non è più sulle singole grandezze di inventario, ma sui processi caratterizzati dall'interazione di queste grandezze;
- variabile di processo: dal carattere di dinamicità, permette di valutare quantitativamente i processi in atto sul territorio;

Un modo per definire quantitativamente i processi territoriali consiste nel ricercare indicatori ambientali o parametri (grandezze di inventario), che hanno una relazione con una caratteristica ambientale, grazie alla quale è possibile descrivere il processo e valutarlo con la variabile di processo. Una valutazione isolata di queste grandezze però non consente di quantificare il fenomeno; quindi, per avere una misura sinottica è preferito l'uso di indici. L'indice è ottenuto da una combinazione di più indicatori e si presta meglio, rispetto alle singole variabili, a interpretare il fenomeno ed a monitorarlo nel tempo, per programmare interventi e politiche di indirizzo. La grande utilità di questi parametri consiste nella possibilità di sintetizzare l'informazione in pochi e facilmente reperibili dati che forniscono oggettive peculiarità delle zone, contribuendo alla necessità di differenziazione che sono alla base delle scelte sostenibili e razionali. L'approccio di pianificazione per processi basato su indici risulta

essere estremamente adatto in un contesto in cui non è necessaria una conoscenza puntuale e analitica dei fenomeni, quanto il loro comportamento su area vasta.

Parallelamente all'introduzione e lo sviluppo della pianificazione per processi, si è verificato un forte avanzamento tecnologico verso la cartografia digitale, l'impiego di sistemi di analisi di dati telerilevati e la loro disponibilità (Budic, 1994; Drummond and French, 2008; Sakellariou et al., 2021). Questi fenomeni hanno reso estremamente più potente ed estesa la capacità di analisi e di modellazione del territorio di area vasta, rappresentando un'interessante opportunità per lo sviluppo della pianificazione e la redazione di strumenti di governo del territorio più vicini alle esigenze dei territori.

In questo contesto si inserisce la presente tesi di dottorato, in cui l'obiettivo è la formulazione di un percorso metodologico di analisi territoriale innovativo, a supporto della redazione del PAR, che guarda all'agricoltura come un'attività multifunzionale e diffusa che interagisce con vari aspetti del territorio, sia naturali che antropici. Il percorso proposto si basa sull'approccio quantitativo della pianificazione fisica e della quantificazione dei processi, avvalendosi del supporto dei sistemi GIS e del telerilevamento, finalizzati a caratterizzare i sistemi biofisici e socioculturali, identificando punti di forza, debolezze, potenzialità e criticità. Il contributo fornito sarà essenziale per tutte le fasi del processo di costruzione del PAR, dalla sua impostazione iniziale fino alla fase conclusiva, non ancora raggiunta.

## 2 Definizione delle metodologie di analisi e del percorso pianificatorio

Come già evidenziato, il PAR è uno strumento innovativo per la gestione del territorio, con una doppia funzione: da un lato, supporta la pianificazione territoriale e urbanistica; dall'altro, si concentra sulla valorizzazione del sistema agricolo. Il Piano si propone quindi di esaminare il settore agricolo, valorizzandone le potenzialità produttive, e di considerare le opportunità offerte dal territorio rurale. Questa necessità nasce dall'esigenza di approfondire e valutare il territorio in modo dettagliato, per identificare le caratteristiche distintive dell'attività agricola, comprenderne le potenzialità e le criticità.

Le metodologie di analisi utilizzate per questo scopo appartengono al processo di pianificazione fisica, basato su variabili quantitative, permettendo di quantificare le risorse, valutarne le disponibilità e di verificare la compatibilità delle attività antropiche presenti e di definire strategie sostenibili di gestione del territorio. La pianificazione fisica dei processi fornisce inoltre l'opportunità di descrivere fenomeni e processi in atto attraverso la valutazione dei singoli aspetti del territorio con l'impiego di indicatori numerici, e la valutazione sintetica dei processi mediante l'utilizzo di appositi indici (Paolillo et al., 2013). I vantaggi derivanti dall'uso di tale approccio sono molteplici e vengono di seguito elencati:

- la costruzione di una base conoscitiva non influenzata da valutazioni soggettive alla quale è soggetto l'approccio di pianificazione "sintetico-argomentativo";
- Studio e monitoraggio dei fenomeni attraverso il confronto diacronico degli indici prodotti (Harrington and O'Donoghue, 1998; Recanatesi et al., 2018);
- Impostazione di analisi di scenario, che permettono di valutare l'evoluzione del sistema in risposta all'applicazione di politiche e azioni gestionali (Senes et al., 2020).

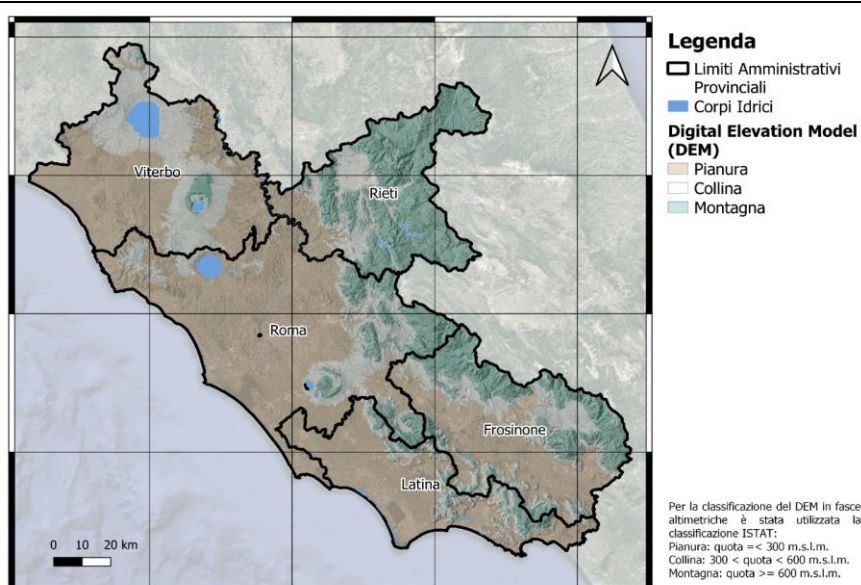
Quest'ultimo aspetto appare di estrema utilità per la possibilità di rispondere ad uno dei requisiti fondamentali per gli strumenti di pianificazione, ovvero di monitorare gli effetti delle strategie proposte e degli interventi attuati al fine di guidare il processo di sviluppo del territorio in modo sostenibile (Kropp and Lein, 2013).

Nei successivi paragrafi viene riportata la descrizione dell'area di studio, dopodiché si riporta una prima analisi generale del territorio regionale che si basa su una valutazione qualitativa/sintetica e l'elencazione delle caratteristiche statiche del territorio, concludendo il paragrafo con i principi generali guida per la conduzione e l'impostazione dell'analisi di dettaglio.

### 2.1 Analisi e caratterizzazione dell'area di studio

L'area oggetto di pianificazione è la regione Lazio, situata in Italia centrale (11° 26' E 40 °47' N - 14°01' E - 42°50' N). Si affaccia ad ovest con il mar Tirreno, mentre a nord confina con Umbria, Toscana e Marche, a sud con la Campania ed a Est con l'Abruzzo ed il Molise. Si estende per

una superficie di 17.242 km<sup>2</sup> ed è suddivisa in cinque province: Viterbo, Rieti, Roma, Frosinone e Latina. Con i suoi 5.720.536 abitanti ("ISTAT," 2024) è la seconda regione più popolosa d'Italia. La densità di popolazione media è di 331,8 ab/km<sup>2</sup>, raggiungendo la densità massima di 788,1 ab/km<sup>2</sup> per la provincia di Roma mentre la densità minima si riscontra in provincia di Rieti con solamente 54,7 ab/km<sup>2</sup>. I confini della regione non presentano elementi geografici netti con la Toscana e l'Umbria, mentre sono ben delineati ad est dall'appennino centrale e a sud con la Campania è delineato dal fiume Garigliano. Osservando la Figura 4 relativa alla classificazione per fasce altimetriche ISTAT del territorio regionale, si riscontra che il 53.3% del territorio è pianeggiante (ovvero con quote inferiori a 300 m.s.l.m.), il 24.3% del territorio è collinare (tra 300 e 600 m.s.l.m.) ed il restante 12.4% è montuoso (quota superiore a 600 m.s.l.m.).



**Figura 4** Area di studio suddivisa nelle fasce altimetriche: pianura, collina, montagna

La sezione appenninica è caratterizzata da una serie di massicci e dorsali calcarei, con profondi solchi causati dall'erosione fluviale. Il paesaggio è aspro e brullo, con numerosi affioramenti rocciosi e fenomeni carsici come grotte e doline. Molte vette superano i 2000 metri. A nord-est si trovano i monti Reatini con il Terminillo (2213 m) e i monti della Laga (monte Gorzano, 2455 m). Lungo il confine con l'Abruzzo si estendono i monti Simbruini, gli Ernici e i monti della Meta, collegati al massiccio delle Mainerde.

Nella parte occidentale del Lazio si estende una catena di rilievi di origine calcarea, parallela agli Appennini ma di altezza inferiore (circa 1000 - 1500 m). Questi rilievi, che comprendono i monti Lepini, Ausoni e Aurunci, sono separati dagli Appennini dal solco formato dai fiumi Liri e Sacco, e vengono spesso classificati come Antiappennino per le loro caratteristiche meno imponenti. Una delle caratteristiche del paesaggio laziale è la presenza di una vasta area collinare di origine vulcanica, che si distingue nettamente dall'asprezza dei rilievi appenninici. Questa zona è formata da quattro complessi vulcanici. Le alture, che generalmente raggiungono i 600-700 metri, culminano nel monte Cimino (1053 m). Molti dei crateri vulcanici,



ormai spenti, ospitano oggi laghi, come il lago di Bolsena nei monti Volsini, il lago di Vico nei monti Cimini e il lago di Bracciano nei monti Sabatini. A sud della Valle del Tevere sorgono i colli Albani, anch'essi di origine vulcanica. I colli Albani ospitano altri e due importanti corpi idrici laziali, il lago di Albano e il lago di Nemi.

Le pianure del Lazio si concentrano prevalentemente lungo la costa. Il litorale laziale è generalmente basso e caratterizzato da dune sabbiose, con alcune interruzioni significative come il capo Linaro, il monte Circeo ed il promontorio di Gaeta, quest'ultimo parte terminale dei monti Aurunci che racchiude il golfo omonimo, a cavallo tra Lazio e Campania.

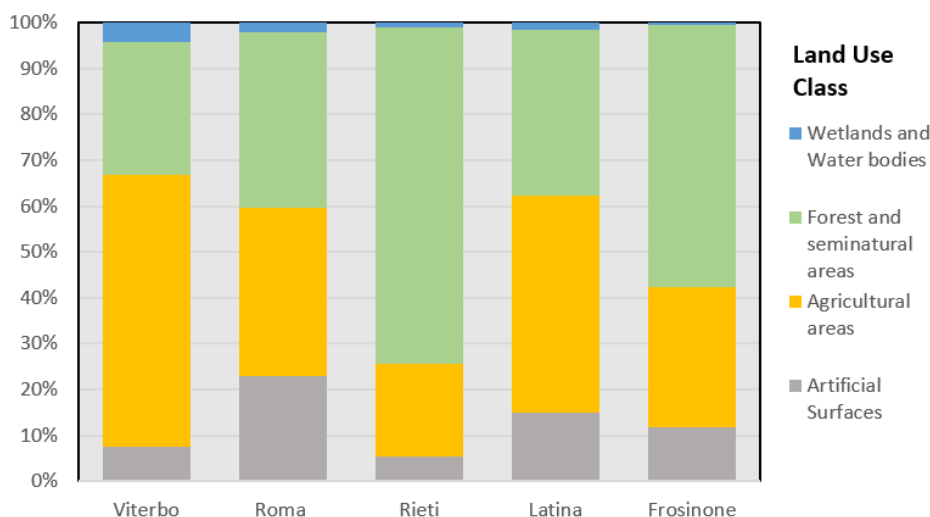
In passato, queste pianure costiere erano paludose, attraversate da fiumi che cambiavano facilmente il loro corso. Nonostante si siano ripetuti nel tempo interventi di bonifica, solo a partire dai primi decenni del XX secolo queste aree sono diventate utilizzabili per lo sviluppo agricolo e l'insediamento umano. Nell'area nord del Lazio, che prende il nome di Tuscia, si trova la Maremma laziale, in prosecuzione della Maremma Toscana. A sud si trovano l'Agro Romano, che si sviluppa attorno al basso corso e al delta del Tevere, e l'Agro Pontino.

I due principali corpi idrici fluviali del Lazio sono il Tevere ed il fiume Sacco. Il primo attraversa tutta la regione, mentre il secondo si sviluppa nella parte meridionale del territorio. Il Tevere percorre circa metà del suo tragitto totale (205 km su 405) all'interno del Lazio, dove incrementa significativamente la sua portata grazie all'afflusso del Nera e dell'Aniene, prima di sfociare nel mar Tirreno con un piccolo delta dopo aver attraversato l'Agro Romano. Il Sacco, con una lunghezza di circa 87 km, è il principale affluente del Liri, che scorre tra i monti Ernici e le alture dell'Antiappennino, e prende il nome di Garigliano dopo essersi unito al Gari. Elemento caratteristico dell'idrografia laziale è rappresentato dai laghi vulcanici, un complesso unico in Italia per estensione e articolazione. Tra questi, ad esempio, il lago di Bolsena è il più grande bacino lacustre del Lazio (114,5 km<sup>2</sup>) ed è anche il lago craterico più vasto del paese. Nella zona dell'Agro Pontino si trovano anche alcuni laghi costieri, come quelli di Fogliano e Sabaudia, formati in antichi tratti di mare chiusi da cordoni sabbiosi.

Il clima della regione Lazio è variegato, questo è dovuto alla posizione geografica in cui si trova, ma anche dalle condizioni morfologiche. La regione è caratterizzata da un clima mediterraneo nelle aree costiere e collinare con temperature miti (9 °C in inverno e 24 °C in estate) e scarse precipitazioni (700 mm/anno), mentre nelle aree appenniniche si può osservare un clima continentale, con temperature invernali al di sotto degli 0 °C e abbondanti precipitazioni (1.200 mm/anno) (Moccia et al., 2021; Salvati et al., 2012). I periodi più piovosi sono l'autunno e la primavera, con una marcata riduzione delle precipitazioni durante l'estate.

L'area di studio presenta le seguenti classi di uso del suolo (1° livello CORINE Land Cover): le superfici artificiali ricoprono 13.8%, il 50.3% è rappresentato da aree agricole utilizzate, i territori boscati e ambienti semi-naturali sono presenti per il 34.4%, le zone umide coprono solo lo 0.02% del territorio regionale, mentre i corpi idrici l'1.62%. In Figura 5 viene mostrato le classi di uso del suolo CLC per le cinque province del Lazio: Viterbo, Rieti, Roma, Frosinone e Latina. La provincia di Rieti risulta avere una maggiore incidenza percentuale di aree naturali, mentre la provincia di Viterbo mostra una maggior diffusione delle aree agricole. La provincia

di Roma spicca per la maggior percentuale di superfici artificiali, dovute principalmente alla presenza della città di Roma.



**Figura 5** Uso del suolo (1 livello CUS) suddiviso per Provincia

### 2.1.1 Analisi generale

Essenziale elemento per la corretta valutazione del territorio è l'impostazione dell'analisi territoriale. Inizialmente si è impostata un'analisi dei dati disponibili che si basa su un approccio qualitativo e sintetico, utile ad un inquadramento generale dell'area di studio. Gli aspetti considerati fino a questo momento possono essere intesi come delle variabili statiche, che consentono di avere una visione complessiva del contesto territoriale e che attraverso l'identificazione o la definizione di indici, definiti dinamici, permettono di descrivere i processi in atto sul territorio. L'indice è considerato come una misura sintetica del processo, ottenuta tramite l'interazione e l'interpretazione condivisa degli indicatori, rappresentando il passaggio da variabili statica a variabile dinamica.

Ad esempio, possono essere impiegate variabili statiche come gli andamenti delle temperature e delle precipitazioni per descrivere il clima dell'area che si sta studiando. Tuttavia, passare alle variabili dinamiche, quindi alla valutazione del processo, significa considerare l'evapotraspirazione, che è il risultato della combinazione delle variabili statiche, permettendo di stabilire l'esistenza di una condizione di stress o di valutare la disponibilità idrica per una certa coltura.

Tuttavia, l'analisi generale consente di indirizzare le analisi di dettaglio, con l'uso di indicatori e indici quantitativi, per descrivere in modo oggettivo i processi in atto sull'area di studio.

L'analisi generale condotta ha riguardato l'illustrazione dei caratteri del territorio utilizzando i dati attualmente disponibili, distinguendo le caratteristiche trattate in tre macro-categorie: aspetti ambientali, aspetti agricoli e aspetti socio-economici.

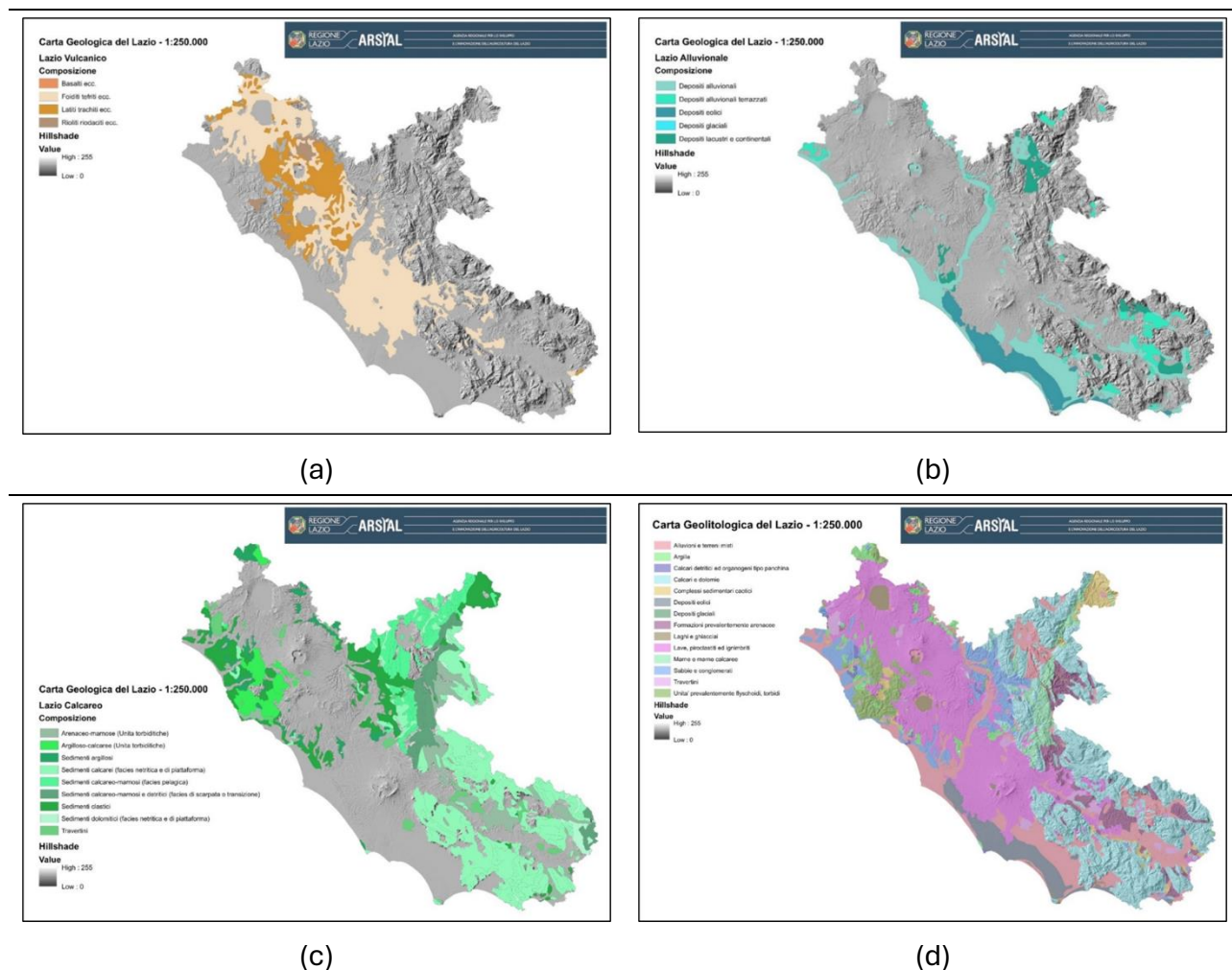
### 2.1.1.1 Aspetti ambientali

Gli aspetti ambientali riguardano le caratteristiche del territorio legate alle componenti naturali del territorio stesso quali: geologia, pedologia, clima, idrografia, flora e aree caratterizzate da vulnerabilità ambientale.

#### 2.1.1.1.1 Geologia

Il primo degli aspetti ambientali affrontato è la geologia. L'interesse alla base della valutazione della geologia e litologia dell'area di studio è legato al rapporto che questi hanno con l'uso agricolo del territorio e nella individuazione di areali distinti in funzione della prevalente origine vulcanica, carbonatica o alluvionale delle formazioni.

Per un inquadramento delle caratteristiche geologiche del territorio regionale è stata utilizzata Carta Geologica Nazionale alla scala 1:250.000, effettuando una tematizzazione rispetto alle principali formazioni geologiche: calcareo, vulcanico e alluvionale (Figura 6a, Figura 6b, Figura 6c). Alla carta geologica, è stata affiancata anche la Carta Geolitologica Nazionale alla scala 1:250.000 riportata anch'essa in Figura 6d.



**Figura XX** Fonti dei dati: Base cartografica ufficiale adatta per restituzione a stampa in scala 1:250.000 tramite screening su RNDT AgID, Geoportale Nazionale MATTM, Portale

---

Servizio Geologico ISPRA, Geoportale regionale SITR Urbanistica, Open data Lazio; Carta Geologica del Lazio informatizzata in scala 1:250.000 utilizzabile in ambiente GIS da Geoportale Nazionale MATTM (N.B. nelle disponibilità del data base GIS risulta disponibile la Carta Geologica del Lazio in scala 1:25.000 per approfondimenti in fase di analisi spaziali di dettaglio, nonché le informazioni geolitologiche desumibili dalla Carta dei Suoli del Lazio alla scala 1:250.000 ARSIAL)

---

La rappresentazione sintetica delle molteplici varianti dell'attuale organizzazione geolitologica del sottosuolo laziale offerta nelle carte tematiche di analisi mostra i principali lineamenti della struttura geologica che caratterizza la regione. In funzione della predominanza dei sostrati di origine calcarea e calcarenitica, risultanti da fenomeni vulcanici o esito di sedimenti alluvionali marini o fluviali, si possono infatti distinguere tre grandi raggruppamenti di formazioni di analoga origine che danno forma e connotano la struttura geologica del Lazio.

Il Lazio presenta una diversità geologica che si riflette in tre principali aree: calcareo, vulcanico e alluvionale.

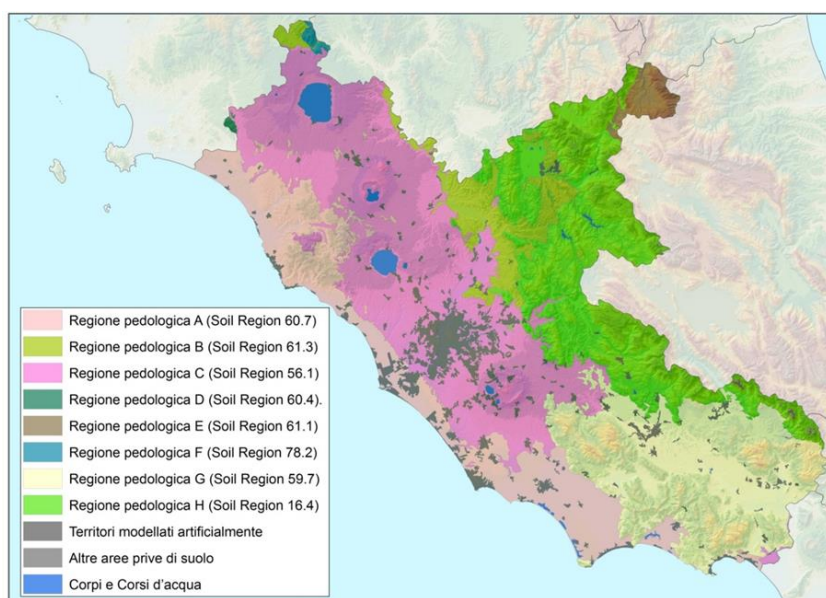
- Il Lazio calcareo include formazioni geologiche di diverse epoche. Le formazioni calcaree più antiche, risalenti al Triassico-Cretaceo, comprendono i Monti Reatini, Simbruini, Ernici, e i gruppi della Meta e delle Mainarde, caratterizzati da asperità marcate, affioramenti di roccia nuda, cavità carsiche e scarsa presenza di acqua superficiale. Le formazioni del Paleogene, affioranti nei Monti Sabini, Carseolani e nella Valle dell'Aniene, sono più erose e meno aspre, con maggiori attività agricole a causa delle condizioni più favorevoli. Le formazioni più recenti del Pliocene, composte da argille e sabbie marine, caratterizzano la fascia costiera del Lazio settentrionale e la Tuscia Romana, presentando terreni più adatti alle coltivazioni, eccetto nelle aree soggette a calanchi.
- Il Lazio vulcanico si estende nell'Antiappennino centro-meridionale, caratterizzato da vari apparati vulcanici estinti, tra cui Vulsineo, Cimino, Sabatino e Colli Albani. Questi rilievi, prevalentemente pianeggianti, sono composti da colate laviche e depositi piroclastici. La morfologia e la fertilità dei suoli vulcanici hanno favorito l'insediamento umano e l'agricoltura. Il complesso del Vulsineo, originatosi tra il Pleistocene e il Quaternario, ospita il Lago di Bolsena. Il Cimino ospita il Lago di Vico e un'area storicamente coltivata, oggi dominata dalla coltivazione del nocciolo. Il Sabatino è caratterizzato dal Lago di Bracciano, mentre i Colli Albani includono i laghi di Albano e Nemi, circondati da aree agricole fertili. L'arcipelago delle Isole Ponziane, infine, è caratterizzato da morfologie variegata e prevalenza di macchia mediterranea.
- Il Lazio alluvionale comprende le pianure costiere e le aree interne formate da alluvioni quaternarie, come le valli del Tevere e del Sacco. Le pianure costiere, ricche di ghiaie, sabbie e minerali vulcanici, contrastano con le aree interne che presentano depositi fluvio-lacustri, specialmente nella Pianura Pontina e nell'area romana. La Maremma Laziale è caratterizzata da dune e aree depresse, trasformate da ampie bonifiche durante il XX secolo per favorire l'insediamento agricolo. Similmente, l'Agro Pontino è stato trasformato da un'area paludosa in terreno agricolo produttivo grazie a opere di

drenaggio e infrastrutture, migliorando anche altre aree come la Piana di Fondi e la Campagna Romana, rendendole più adatte all'agricoltura.

#### 2.1.1.1.2 Pedologia

La Regione Lazio si è dotata di una banca dati sui suoli del Lazio e di una cartografia pedologica in scala 1:250.000 (Figura 7). La Carta dei Suoli del Lazio è stata curata da ARSIAL, in collaborazione con il Centro Ricerche Agricoltura Ambiente del CREA, riferimento nazionale per la tenuta della Banca Dati dei Suoli d'Italia e della relativa cartografia (Napoli et al., 2019). La Carta dei Suoli del Lazio va a rappresentare un completamento del Servizio Integrato Agrometeorologico della Regione Lazio - SIARL. Inizialmente la realizzazione della carta agro-pedologica era demandata alle amministrazioni comunali; tuttavia, la realizzazione di una carta a scala regionale e demandata dalla regione consente di avere un'uniformità del dato su tutto il territorio regionale. La Carta dei Suoli rappresenta un elemento su cui strutturare l'analisi dei diversi territori regionali. La Carta dei Suoli può assumere diverse rappresentazioni in funzione dei criteri di lettura del paesaggio.

La cartografia dei suoli regionale delinea degli ambiti geografici uniformi, i pedo-paesaggi, per substrati geologici, clima, fisiografia ed aspetti morfometrici, legati ai fattori della pedogenesi. A questi paesaggi, sono collegati i diversi tipi di suoli, uniformi per caratteristiche chimico-fisiche, qualità e processi di formazione del suolo.



**Figura 7** Regioni pedologiche del Lazio

Ognuna delle unità cartografiche è caratterizzata da una specifica combinazione di tipi di suolo, denominati: sotto-unità tipologiche di suolo che raggruppano i suoli archiviati nella banca dati.

I tipi di suolo sono articolati in:

- Unità Tipologiche di Suolo (UTS): insieme di siti pedologici con attributi geografici comuni e con caratteri genetici simili, con una certa variabilità di problematiche gestionali o caratteri applicativi.
- Sottounità Tipologiche di Suolo (STS): insieme di osservazioni con problematiche gestionali simili individuate all'interno di una certa UTS.
- Per attributi geografici si intendono le diverse combinazioni di clima, morfologia, litologia, uso del suolo al livello geografico di riferimento.
- Per caratteri genetici si intendono i processi pedogenetici, gli orizzonti genetici, le proprietà e i materiali diagnostici.
- Per caratteri applicativi si intendono le problematiche gestionali, di conservazione del suolo e di attitudine colturale.

Per elaborare le Sottounità Tipologiche di Suolo (STS) sono stati selezionati i seguenti criteri: substrato, fisiografia e morfometria, uso del suolo, classificazione (IUSS Working Group WRB, 2015), drenaggio interno, profondità utile alle radici, profondità totale del suolo, tessitura degli orizzonti superficiali, reazione e grado di saturazione in basi, pietrosità superficiale, frammenti grossolani, classe di Land Capability.

Ai fini della pianificazione, programmazione e gestione del territorio il dato pedologico può fornire le seguenti informazioni:

- Elementi conoscitivi: fornisce la distribuzione sul territorio dei diversi tipi di suolo caratterizzati da diverse qualità che possono essere esaminate per specifiche letture.
- Servizi ecosistemici dei suoli:
- Minacce: Esso può essere soggetto a gravi processi degradativi che ne limitano la funzionalità e che spesso vengono individuati solo quando sono irreversibili
- L'Agenzia Europea dell'Ambiente e il Joint Research Centre della Commissione Europea nel report sullo stato del suolo in Europa (EEA and JRC, 2012) hanno evidenziato problemi di degrado, sfruttamento e gestione inadeguata del suolo nell'UE. Le principali minacce alla funzionalità suolo individuate dalla Commissione (*Comunicazione della Commissione del 22 settembre 2006: "Strategia tematica per la protezione del suolo" [COM(2006) 231], 2006*) sono le seguenti:
  - L'erosione è la perdita dello strato più superficiale del terreno a causa dell'azione delle acque piovane o del vento. La perdita di suolo si traduce in una riduzione della fertilità ed una riduzione dello spessore degli strati superficiali, un possibile peggioramento della qualità delle acque superficiali e un incremento del deflusso.
  - La perdita di sostanza organica può essere causata dall'azione antropica intensiva.
  - La contaminazione del suolo è un'alterazione della sua composizione chimica causata dall'immissione di sostanze non naturalmente presenti o in concentrazioni superiori rispetto alla condizione standard.

- Il consumo di suolo (*impermeabilizzazione*) consiste nella variazione dell'uso del suolo da un uso non artificiale (permeabile) ad uno artificiale (impermeabile). Il monitoraggio annuale del fenomeno condotto da (ISPRA, 2017) indica per il Lazio una superficie consumata complessiva pari all'8,3% del territorio. Generalmente il fenomeno si verifica su suoli di altissimo valore. Si tratta di una perdita irreversibile della risorsa.
- La compattazione del suolo avviene per azione di una compressione con la conseguente riduzione della porosità del suolo influenzando sia sull'infiltrazione ed il drenaggio
- La salinizzazione si verifica quando la quantità di sali solubili (solfati, cloruri e bicarbonati di sodio, potassio, calcio e magnesio) diviene eccessiva risultando fitotossica.
- Idoneità d'uso: La valutazione dei suoli è un sistema di classificazione che valuta l'uso ottimale del suolo o le eventuali limitazioni (es. Capacità d'uso dei suoli, Capacità protettiva dei suoli, Attitudine dei suoli all'irrigazione ecc.). Le analisi di idoneità territoriale devono essere tarate in funzione dell'aspetto per la quale si sta valutando l'idoneità.

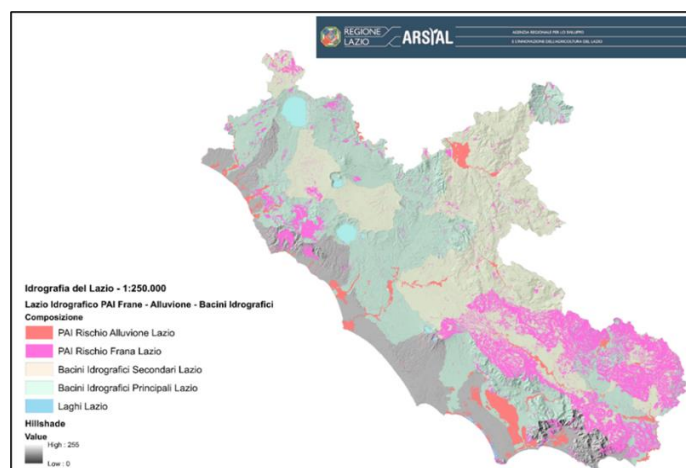
Le attività di produzione dati per gli elaborati inerenti la morfologia del territorio è state finalizzate alla identificazione dell'evoluzione geomorfologica del territorio, includendo fenomeni locali di rischio sismico e di subsidenza areale e puntuale, potenzialmente interferenti con l'uso agricolo ed il territorio rurale.

Sono state raccolte le cartografie relative ai fenomeni desunti da documentazioni ufficiali quali l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia - IFFI e le cartografie dei Piani stralcio per l'assetto idrogeologico - PAI o la sintesi di Pericolosità Idrogeologica di ISPRA/MATTM.

In Figura 8 viene mostrata la mappa che include le aree a rischio frana, le aree a rischio di alluvione estratte dal PAI e la suddivisione dei bacini.

Il rischio alluvione rappresenta il fenomeno naturale maggiormente incidente ed esteso in termini di danni sulle superfici agrarie. Mentre il rischio frana deve essere considerato fenomeno locale e circoscritto a meno di aree a franosità diffusa che possono condizionare le pratiche agricole ed incidere sull'erosione profonda del suolo.

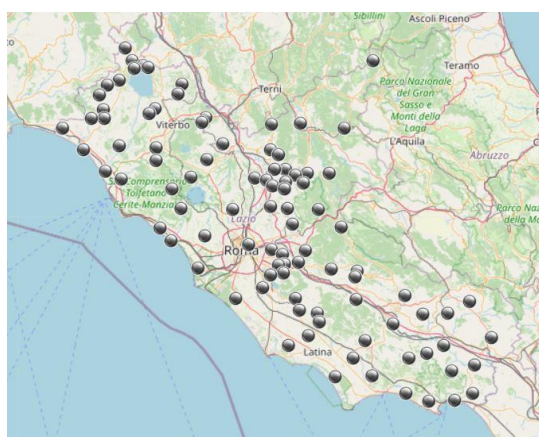




**Figura 8** Mappa sintetica del rischio frana ed il rischio di alluvione

#### 2.1.1.1.3 Clima e meteorologia

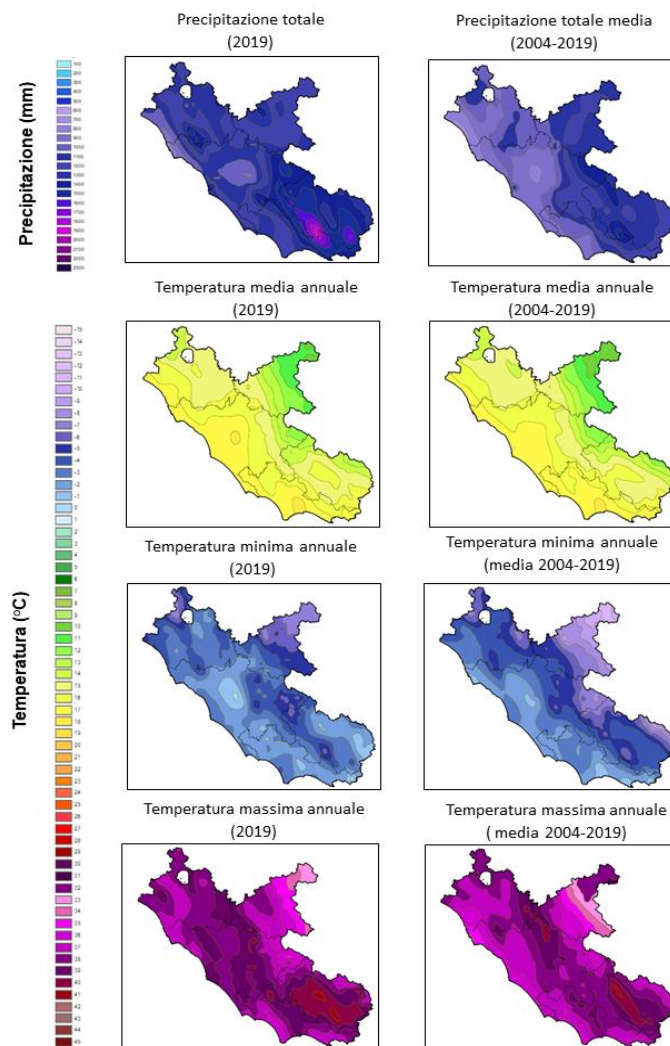
I dati riguardanti clima e meteorologia nel territorio della Regione Lazio sono ottenibili dalle rilevazioni del Sistema Integrato Agrometeorologico della Regione Lazio (SIARL). Il dataset del SIARL fornisce informazioni riguardanti la temperatura massima, minima, media e la precipitazione giornaliera. La copertura temporale del dato è di soli 16 anni e non consente di effettuare vere e proprie statistiche climatiche per le quali sono necessarie osservazioni della durata di un trentennio, tuttavia, essendo le stazioni localizzate all'interno della regione Lazio rappresenta un valido indicatore dell'andamento meteo regionale (Figura 9).



**Figura 9** I punti rappresentano le stazioni meteo gestite dall'ARSIAL presenti sul territorio

I valori di temperatura e precipitazione annuali e stagionali, spazializzati sul territorio laziale, sono stati rappresentati mutuando lo schema seguito nella cartografia dell'Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici (ex CRA-CMA). In Figura 10 si riportano le mappe delle precipitazioni annuali e della temperatura (minima, massima e media).

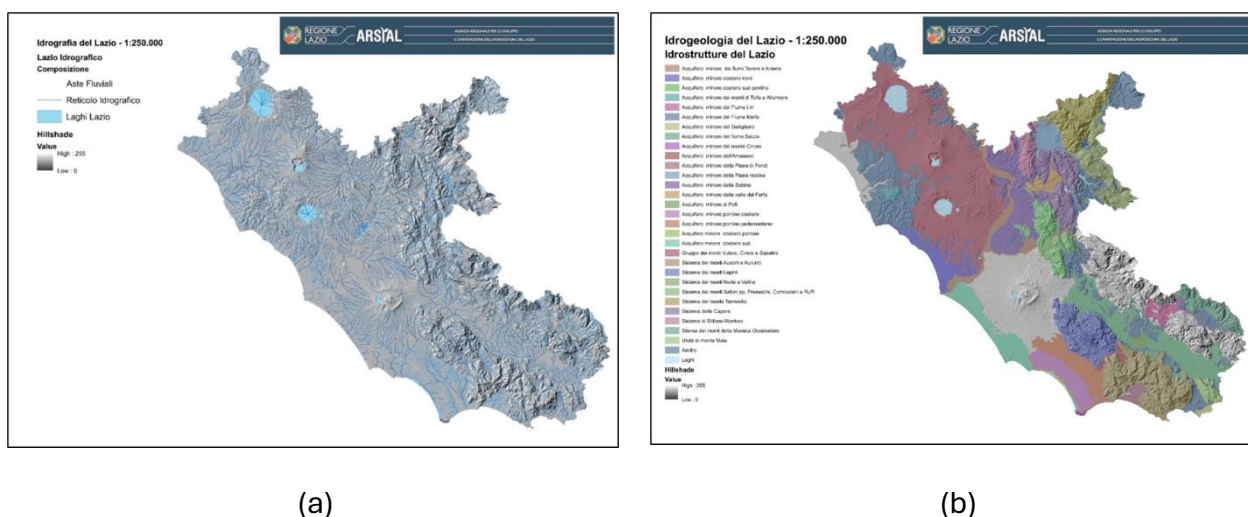




**Figura 10** Sintesi delle variabili termopluviometriche annuali e medie per la serie storica 2004-2019

#### 2.1.1.1.4 Idrologia e idrografia

La cartografia relativa alla rappresentazione del reticolo idrografico e dei bacini imbriferi, laghi e corpi d'acqua è stata desunta dal reticolo idrografico nazionale del Geoportale Nazionale alla scala 1: 250.000, includendo il reticolo idrografico e le aste fluviali (Figura 11a). Ai fini di un corretto quadro conoscitivo delle caratteristiche geologiche e geolitologiche della regione, utile alle fasi di pianificazione rurale, viene riportata anche la mappa delle principali idrostrutture regionali classificate come Sistemi idrogeologici ed acquiferi minori, questi ultimi oggetto di prelievi e di contributi in falda da parte del settore agricolo (Figura 11b).



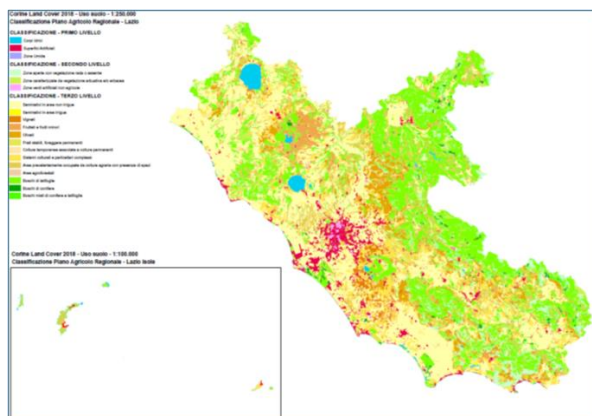
**Figura 11** La a) inquadra i corpi idrici dell'area di studio. b) indica le idrostrutture

#### 2.1.1.1.5 Flora

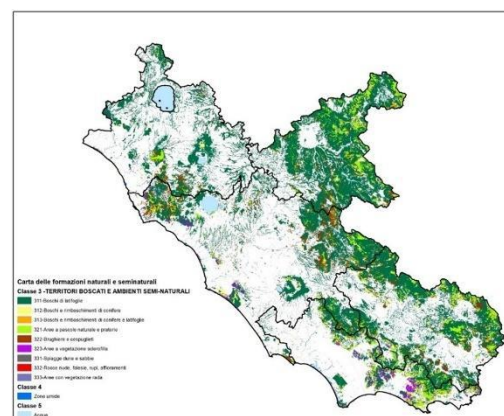
Per la descrizione della vegetazione del Lazio, sono disponibili diverse fonti informative ufficiali, quali:

- CORINE Land Cover 2018 (Figura 12a) (ISPRA, 2018): prodotti basati su fotointerpretazione con metodologia e legenda standard per tutta l'Europa. Le caratteristiche sono: 44 classi al terzo livello gerarchico della nomenclatura Corine, una unità minima cartografabile (MMU) di 25 ettari, ampiezza minima degli elementi lineari di 100 metri e una MMU di 5 ettari per il *Land use change*. Importante notare come nella classe aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione siano comprese le aree in cui esiste una dinamica legata all'abbandono delle attività agricole o derivanti dal degrado di altre superfici naturali;
- Carta delle formazioni naturali e seminaturali e Carta forestale su basi tipologiche della Regione Lazio (Regione Lazio 2010): è un approfondimento di 4° e 5° livello tematico della Carta di Uso del Suolo della Regione Lazio realizzata nel 2003 in scala 1:25.000, con successivo aggiornamento non a copertura completa nel 2016 (Figura 12b). Il servizio foreste della Regione Lazio ha inoltre richiesto la derivazione di una carta forestale su basi tipologiche per il territorio regionale;
- Le Serie di vegetazione della regione Lazio (Blasi et al., 2010): Lo studio descrive il Lazio come una regione caratterizzata da una grande varietà di paesaggi vegetali, dovuti alla sua eterogeneità lito-morfologica e alla sua particolare posizione geografica, che favoriscono una flora ricca e diversificata. La regione è suddivisa in cinque macro-unità vegetazionali:
  - Unità settentrionale: comprende il Viterbese e la Tuscia romana, con vegetazione forestale simile a quella della Toscana meridionale, prevalentemente boschi acidofili come cerrete, castagneti e faggete.

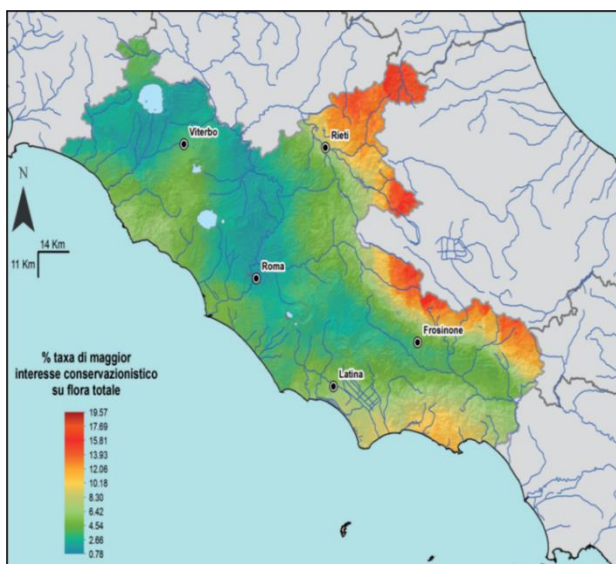
- Unità mediana costiera: include la porzione occidentale della provincia di Roma e quella settentrionale della provincia di Latina, con predominanza di querceti, mentre la lecceta è rara e confinata a una stretta fascia costiera.
- Unità appenninica: abbraccia i principali complessi montuosi del Lazio, caratterizzati da faggete, boschi mesofili a carattere suboceanico e boschi di roveri di tipo subcontinentale.
- Unità subappenninica: costituita da rilievi di modesta altitudine, con boschi eterogenei su substrati calcarei, cerrete, castagneti e faggete limitate alle sommità.
- Unità antiappenninica costiera: situata lungo la costa tirrenica del Lazio meridionale, include la catena dei Volsci e il promontorio del Circeo, con una flora ricca di elementi illirico-balcanici e una grande diversità forestale;
- Atlante della Flora Vascolare del Lazio (Lucchesi, 2019, 2017): vengono contate 3.499 taxa, con una ricchezza di specie elevatissima tale che la loro classificazione e identificazione è complessa. Per ciascuna formazione è stata cartografata l'unità di vegetazione prevalenti utilizzando la banca floristica del Lazio, con dati rilevati in 544 quadranti, rappresentando per ciascuna di esse le aree di concentrazione. Nel volume 2, viene analizzata la flora di maggiore interesse conservazionistico e rappresentata la distribuzione sul territorio regionale, indicando contemporaneamente numerosità e taxa principali (Figura 12c).



(a)



(b)



(c)

**Figura 12** a) presenta la mappa di uso del suolo CLC. Con b) si riporta le carte delle formazioni naturali del Lazio. c) Pattern spaziale della percentuale di taxa di maggior interesse conservazionistico sulla flora totale. Per migliorare la leggibilità della mappa i valori del rapporto sono stati interpolati spazialmente (kriging) a partire dai dati per quadrante. (Lucchesi, 2019)

#### 2.1.1.1.6 Aree caratterizzate da vulnerabilità ambientali

##### Zone vulnerabili ai nitrati d'origine agricola

La direttiva 91/676/CEE rappresenta il principale strumento normativo finalizzato alla riduzione dell'inquinamento idrico da fonti agricole, in particolare di quello provocato dai nitrati. Questa direttiva ha portato in Italia all'approvazione di un quadro normativo che si basa su Programmi d'azione regionali quadriennali, che disciplinano l'utilizzazione agronomica degli effluenti aziendali all'interno delle zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola (ZVN). Nelle ZVN è ammesso lo spandimento di liquami zootecnici fino ad un limite massimo annuo di 170 kg di azoto per ettaro. Oltre alla direttiva Nitrati (91/676/CEE) e al decreto ministeriale 5046 del 25/2/2016 che fissa criteri e norme tecniche per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, esistono una serie di regolamenti normativi orientati a garantire la tutela delle risorse idriche. Il sistema normativo comunitario di riferimento è definito dalla Direttiva Quadro 2000/60/CE, recepita con il Dlgs 152/2006. Con la D.G.R. n.767 del 6 agosto 2004 (confermata con D.G.R. n. 127 del 05.06.2013) sono state designate le zone vulnerabili da nitrati di origine agricola della regione Lazio.

Nel corso del 2019, la Direzione Generale Environment (DG ENV) della Commissione Europea (CE) ha avviato una procedura d'infrazione nei confronti dell'Italia sulle zone vulnerabili ai nitrati d'origine agricola (ZVN) ai sensi della cosiddetta "direttiva nitrati" 91/676/CEE.

La Regione ha proceduto alla definizione di uno studio volto a definire la pressione agricola sulla qualità delle acque. Delle 190 stazioni di monitoraggio delle acque superficiali, presenti sul territorio regionale, in base al monitoraggio dell'Agenzia Regionale Protezione Ambientale (ARPA), che ha riscontrato in stato eutrofico 40 stazioni, delle quali 18 sono state imputate alla pressione agricola. Sono stati individuati i sottobacini afferenti ai 18 punti di monitoraggio con stato eutrofico.

La caratterizzazione dei bacini è stata effettuata grazie all'aggregazione di tre indicatori di pressione agricola: I carichi di azoto totale agricolo (organico + minerale + atmosferico), % di superficie territoriale del bacino con pendenza inferiore al 20%, % di superficie irrigabile sulla Superficie Agricola.

A supporto delle analisi sono stati calcolati ulteriori indicatori utili per una maggior conoscenza della pressione sulla qualità delle acque. Tali indicatori di supporto sono:

- la distribuzione delle aziende zootecniche nei singoli sottobacini, per evidenziare eventuali pericolose concentrazioni degli allevamenti;
- il numero di aziende zootecniche per specie allevata, desunto dai dati del punto precedente;
- percentuale della superficie in serra sulla Superficie Agricola. La percentuale è stata ottenuta dividendo la superficie in serra per la superficie agricola (al netto dei pascoli);
- la percentuale del carico di azoto del comparto civile sul carico del comparto agricolo.

L'indagine svolta ha portato inizialmente all'individuazione di 6 sottobacini classificati come ZNV. Le ZNV sono state aggiornate con la DGR 719 del 14/11/2023 individuando ulteriori zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola e confermate quelle già indicate nella DGR 523/2021.

#### 2.1.1.2 Aspetti Settore Agricolo

Aspetti estremamente rilevanti per la corretta valutazione del territorio agricolo, considerando l'attività agricola come elemento cardine del PAR sono: uso del suolo, capacità di uso dei suoli e Superfici agricole e aziende.

##### 2.1.1.2.1 Uso del suolo

L'analisi degli usi del suolo consente di ricavare informazioni necessarie a definire l'articolazione del territorio in sistemi, quali: insediativo, agricolo e naturale (Figura 13).

In Tabella 1 viene presentata una preliminare ripartizione del territorio regionale in quattro macro-categorie di uso del suolo, derivanti dall'aggregazione della classificazione secondo il 1° livello della legenda del CLC aggiornato al 2018. La categoria aree naturali contiene tutte le tipologie di aree boscate e vegetazione arbustiva, comprese le aree a vegetazione rada o assente, le spiagge, le dune e le aree percorse dal fuoco. La categoria "superfici agricole" contiene tutte le tipologie di seminativi, le colture permanenti, i prati stabili e altre colture

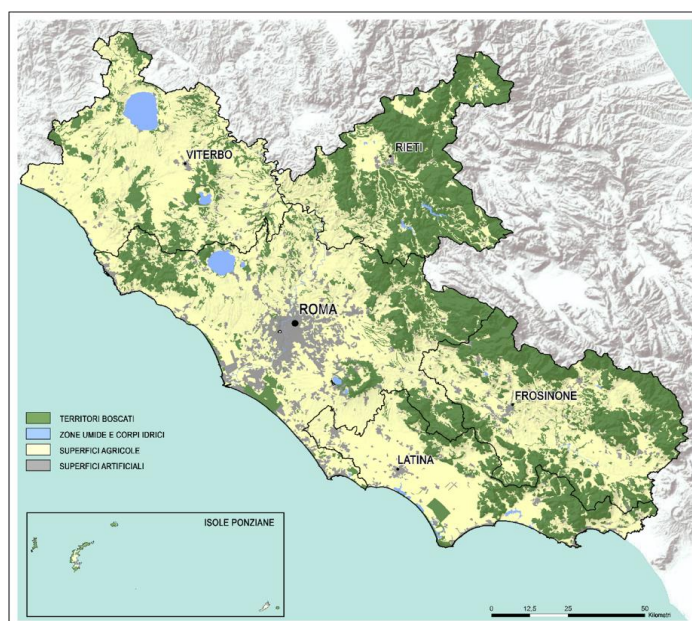


eterogenee. Le “superfici artificiali” sono le aree urbanizzate di tipo residenziale, industriale e commerciale, le aree estrattive, le discariche e il verde urbano.

**Tabella 1** Superfici per macrocategoria CLC 2018 per provincia

| Ambito territoriale | Macro-categorie CLC 2018 [ha] |                           |                    |                       |         |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------|---------|
|                     | Superfici naturali            | Zone umide e corpi idrici | Superfici agricole | Superfici artificiali | Totale  |
| Viterbo             | 70469                         | 13398                     | 269013             | 8391                  | 361262  |
| Rieti               | 177238                        | 1726                      | 92184              | 3376                  | 274524  |
| Roma                | 146997                        | 8602                      | 307285             | 72699                 | 535583  |
| Latina              | 67228                         | 2244                      | 141836             | 13816                 | 225125  |
| Frosinone           | 152682                        | 572                       | 158882             | 11677                 | 32812   |
| Regione Lazio       | 614613                        | 26534                     | 969200             | 109959                | 1720306 |

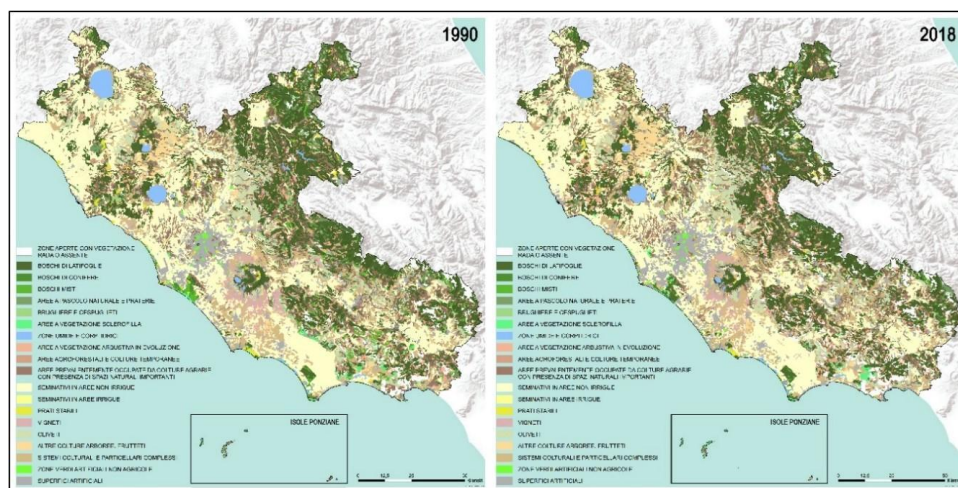
Nella Regione Lazio, la categoria di uso del suolo predominante è quella delle "superfici agricole," che copre oltre la metà del territorio, con le province di Roma e Viterbo che rappresentano rispettivamente il 32% e il 28% della superficie agricola complessiva regionale. I territori boscati coprono oltre il 35% della regione, includendo anche aree di vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione (+11%), un dato coerente con la media nazionale. Le superfici artificiali ammontano a 109.959 ettari, con la Città metropolitana di Roma che rappresenta oltre il 65% dell'intera superficie regionale urbanizzata.



**Figura 13** Uso del suolo CLC della regione Lazio

Ulteriore utile informazione per la valutazione delle trasformazioni che avvengono sul territorio regionale è la possibilità di impostare delle analisi diacroniche disponendo di usi del suolo

prodotti dal progetto CORINE Land Cover dal 1990 al 2018. Gli intervalli temporali disponibili sono 1990, 2000, 2006, 2012 e 2018. In Figura 14 si riporta a titolo di esempio il confronto tra l'uso del suolo del 1990 e del 2018. Dalla comparazione delle mappe risulta evidente un incremento delle superfici artificiali e di quelle forestali. Inoltre, si riscontra una contrazione delle superfici agricole a favore delle superfici naturali, legata all'abbandono dell'attività agricola e all'avanzamento della vegetazione arbustiva.



**Figura 14** Confronto usi del suolo Corine Land Cover 1990 - 2018

#### 2.1.1.2.2 Capacità di uso dei suoli

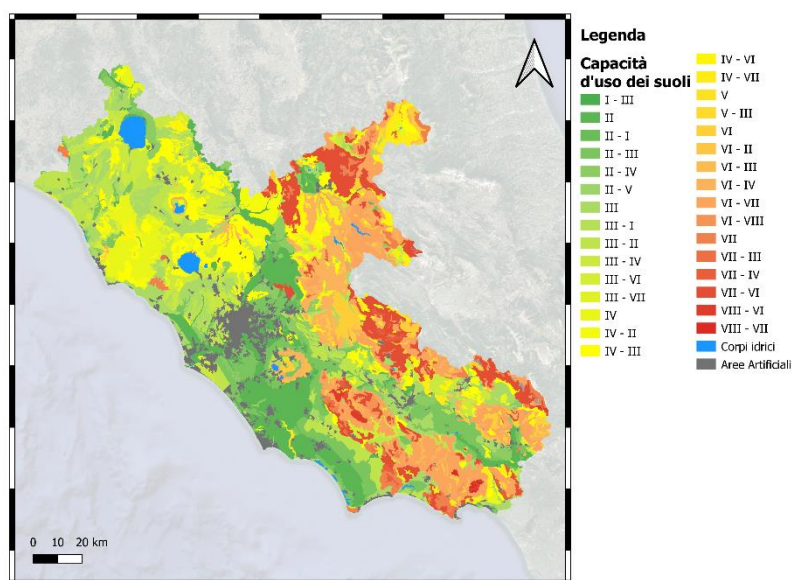
Nel progetto Carta dei Suoli del Lazio è stata predisposta la Carta della Capacità d'Uso dei Suoli (Figura 15) del Lazio in scala 1:250 000. La cartografia della Capacità d'uso dei suoli classifica il territorio in ampi sistemi agro-silvo-pastorali e non in base a specifiche pratiche colturali. Il riferimento originario è la "*Land Capability Classification*" (Costantini, 2006; Klingebiel and Montgomery, 1961), il quale si riferisce alle proprietà fisico chimiche del suolo, che concorrono con le caratteristiche ambientali a determinare la sua attitudine alla produzione agricola. I suoli sono raggruppati in base alla loro capacità di sostenere produzioni agricole, foraggiere o legname conservando il loro livello di qualità.

La *Land Capability Classification* è espressa in otto classi principali, le prime quattro indicano suoli adatti all'attività agricola, mentre nelle classi dalla V alla VII sono inclusi i suoli maggiormente adatti alla selvicoltura e la pastorizia. I suoli della VIII classe possono essere destinati unicamente a fini ricreativi e conservativi. Il sistema si basa sull'individuazione delle limitazioni d'uso che determinano la classe di capacità. La carta della capacità d'uso dei suoli identifica di fatto suoli con livelli crescenti di limitazioni per le utilizzazioni agricole.

A partire dal database regionale dei suoli, il CREA ha prodotto la carta della capacità d'uso dei suoli del Lazio. La capacità d'uso dei suoli viene stimata in funzione delle seguenti caratteristiche del suolo: profondità utile per le radici, tessitura, presenza di scheletro, pietrosità, superficiale, rocciosità, fertilità chimica, salinità, drenaggio interno, rischio di inondazione, pendenza, erosione ed interferenza climatica. All'interno di ciascuna classe di

capacità d'uso è possibile raggruppare i suoli per tipo di limitazione all'uso, che vengono indicate utilizzando delle lettere: limitazione dovuta a proprietà del suolo (s), a eccesso idrico (w), a rischio di erosione (e) o ad aspetti climatici (c).

Il catalogo dei suoli del Lazio definisce, per ogni Sottounità Tipologica di Suolo, una classe e sottoclasse di capacità d'uso. I suoli sono raggruppati in Sottounità Tipologiche, e ogni unità cartografica della regione è caratterizzata da una combinazione specifica di queste Sottounità. Per l'elaborazione della carta dei suoli del Lazio, sono state definite le classi di capacità d'uso integrando vari strati geografici come il modello digitale del terreno, la copertura e uso del suolo, e le elaborazioni pedoclimatiche. Ogni poligono sulla mappa mostra una classe principale di limitazione e una secondaria, indicando solo la classe principale se questa copre oltre il 75% del poligono. Alcune aree, come quelle artificiali o prive di suolo (ad esempio, zone residenziali o spiagge), non sono coperte da analisi pedologica alla scala regionale. Il 64% del territorio del Lazio è costituito da suoli delle prime quattro classi di capacità d'uso, mentre il 28,5% rientra nelle classi dalla quinta alla settima. La terza classe è la più rappresentata, seguita dai suoli di seconda classe che coprono oltre il 19% del territorio. I suoli di prima classe sono poco rappresentati, ma potrebbero essere sottostimati a causa del dettaglio cartografico limitato.



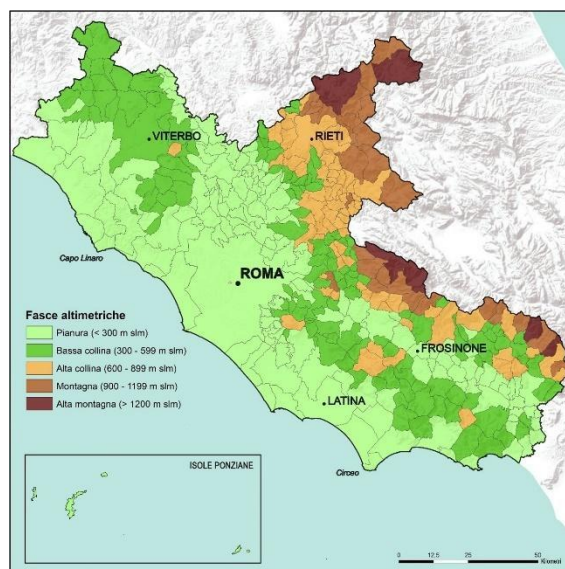
**Figura 15** Carta della Capacità d'Uso dei Suoli del Lazio

#### 2.1.1.2.3 Struttura aziendale

I dati utilizzati per ottenere informazioni sulle aziende agricole del Lazio sono forniti da ISTAT e riguardano i Censimenti dell'agricoltura, in particolare sono stati utilizzati i dati relativi alla distribuzione delle superfici su base comunale per fasce altimetriche.

In Figura 16 sono riportati i comuni tematizzati in base alle fasce altimetriche ISTAT.





**Figura 16** Suddivisione del territorio regionale in fasce altimetriche

Nella Tabella 2 viene riportata la verifica della disponibilità dei dati:

**Tabella 2** Variabili censuarie disponibili per ogni Censimento

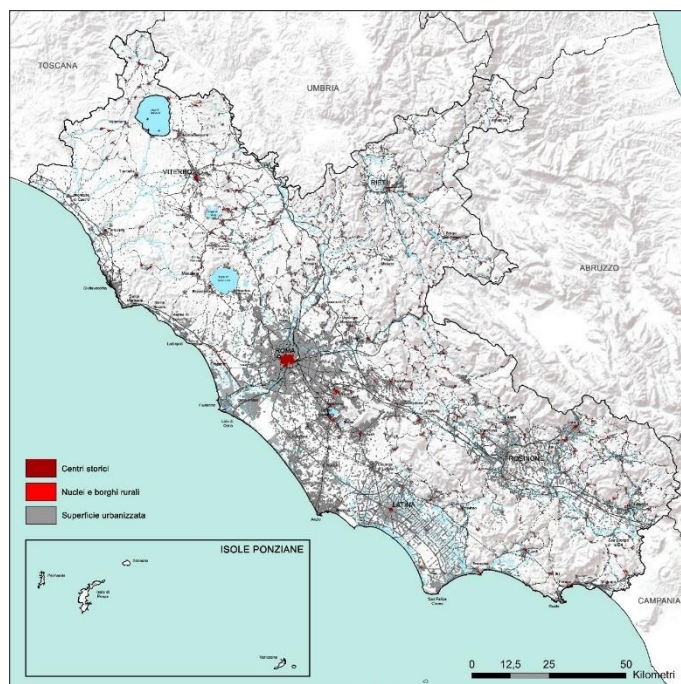
| Indicatore                                        | 1961 | 1970 | 1982 | 1990 | 2010 | 2020 |
|---------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Superficie Agricola Totale (SAT)                  | X    | X    | X    | X    | X    | X    |
| Superficie Agricola Utilizzata (SAU)              |      | X    | X    | X    | X    | X    |
| SAU per classi di superficie                      |      |      |      | X    | X    | X    |
| Numero di aziende totali                          | X    | X    | X    | X    | X    | X    |
| Numero di aziende totali per classe di superficie |      |      |      | X    | X    | X    |

### 2.1.1.3 Aspetti Socioeconomici

Gli aspetti socioeconomici permettono di valutare l'idoneità del territorio all'abitabilità dello stesso, in particolare si è considerato: Insediamenti rurali, infrastrutturazione, servizi per gli insediamenti, profili demografici e socioeconomici.

### 2.1.1.3.1 Insediamenti rurali

La carta di seguito riportata (Figura 17), elaborata utilizzando le informazioni desunte dalle cartografie tematiche del PTPR Lazio, descrive l'articolazione dei centri storici, nuclei rurali rispetto alle principali reti di mobilità viaria e ferroviaria nel territorio regionale.



**Figura 17** Insediamenti Urbani PTPR

Le dinamiche demografiche in atto nella Regione Lazio e le conseguenti distribuzioni di popolazione nel territorio regionale sono state analizzate utilizzando dati fonte Istat. I dati mostrati, riguardano la distribuzione della popolazione sul territorio e le relative aggregazioni abitative in funzione della tripartizione convenzionale centri abitati, nuclei abitati e case sparse. In Tabella 3 sono presentati i livelli demografici desunti dal database ISTAT per il 13°, 14° e 15° censimento, corrispondenti alle annualità 1991, 2001 e 2011, per le quali è disponibile il dato digitalizzato ma generalizzato su base comunale.

**Tabella 3** Andamento demografico nelle diverse classi ISTAT per i diversi censimenti

| Popolazione residente Regione Lazio |      |             | Macro classi ISTAT |       |                |        |             |       |
|-------------------------------------|------|-------------|--------------------|-------|----------------|--------|-------------|-------|
|                                     |      |             | centri abitati     |       | nuclei abitati |        | case sparse |       |
| Censimento                          | Anno | n. abitanti | n. abitanti        | Var % | n. abitanti    | Var %  | n. abitanti | Var % |
| 15°                                 | 2011 | 5.502.886   | 4.950.839          | +6.7  | 169.291        | + 9.5  | 382.756     | +19.6 |
| 14°                                 | 2001 | 5.112.413   | 4.637.829          | - 0.9 | 154.542        | + 13.9 | 320.042     | - 1.6 |

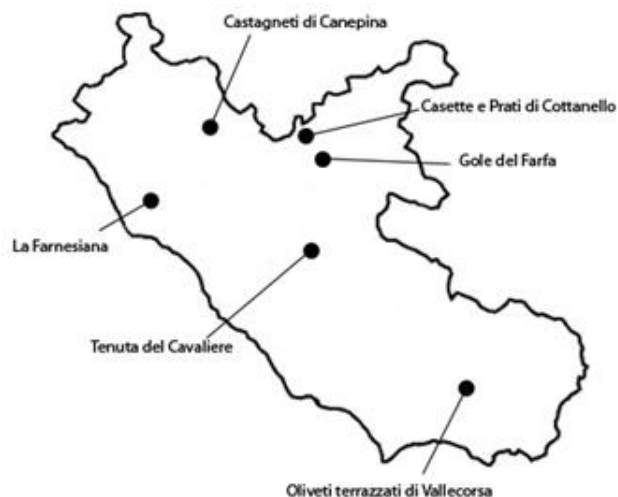
|     |      |           |           |  |         |  |         |  |
|-----|------|-----------|-----------|--|---------|--|---------|--|
| 13° | 1991 | 5.140.371 | 4.679.414 |  | 135.690 |  | 325.267 |  |
|-----|------|-----------|-----------|--|---------|--|---------|--|

Risulta evidente come il dato ISTAT su base comunale sia utile per capire delle dinamiche, ma completamente inefficace per monitorare i cambiamenti sul territorio.

Di interesse per quanto concerne gli insediamenti rurali storici nella Regione Lazio possono considerarsi le aree identificate come “paesaggi tradizionali” ai sensi del Decreto n. 17070/2012 che ha istituito l'Osservatorio Nazionale del Paesaggio Rurale.

Nella regione Lazio sono individuati 6 paesaggi tradizionali, come mostrato nella Figura 18. I paesaggi sono:

- Casette e prati di Cottanello: localizzati nel comune di Cottanello, hanno un'estensione complessiva di 740 ha. Si tratta di un paesaggio caratterizzato dall'alternanza di pascoli e di boschi, che rappresentano un punto di incontro tra l'insediamento antropico e il contesto naturale, con una ricchezza di elementi di alto valore storico, produttivo e ambientale;
- Castagneti di Canepina: è rappresentato dal complesso dei castagneti dei Monti Cimini, localizzati principalmente nel comune di Canepina e nei territori comunali limitrofi. Si estende per circa 1760 ha. Si articola in un bosco composto da castagneti da frutto che per secoli ha costituito la base economica e alimentare delle popolazioni appenniniche;
- La Farnesiana: Tra il comune di Allumiere e Tarquinia sulle pendici dei monti della Tolfa. Si estende per 1028 ha. Il paesaggio della tenuta è caratterizzato dall'equilibrio e l'integrazione fra le funzioni svolte dai pascoli, dalle colture agricole e dal bosco. In questa promiscuità di ambienti si è perfettamente adattata la razza bovina maremmana;
- Gole del Farfa: si estende per 1283 ha tra i comuni di Mompeo, Castelnuovo di Farfa, Salisano, Casaprota e Poggio Nativo. questo paesaggio vede la presenza di un settore olivicolo tradizionale, con coltivazione anche in forti pendenze e con l'ausilio di frequenti lunette per il contenimento del terreno;
- Oliveti terrazzati di Vallecorsa: Insiste su 1314 ha nel comune di Vallecorsa e di Castro dei Volsci. La significatività dell'area è dovuta alla persistenza storica e al grande fascino di un "paesaggio di pietra" dove il modellamento carsico dei blocchi di calcare affioranti è stato assecondato e ricalcato dal lavoro contadino, per fare posto alla coltura dell'olivo.

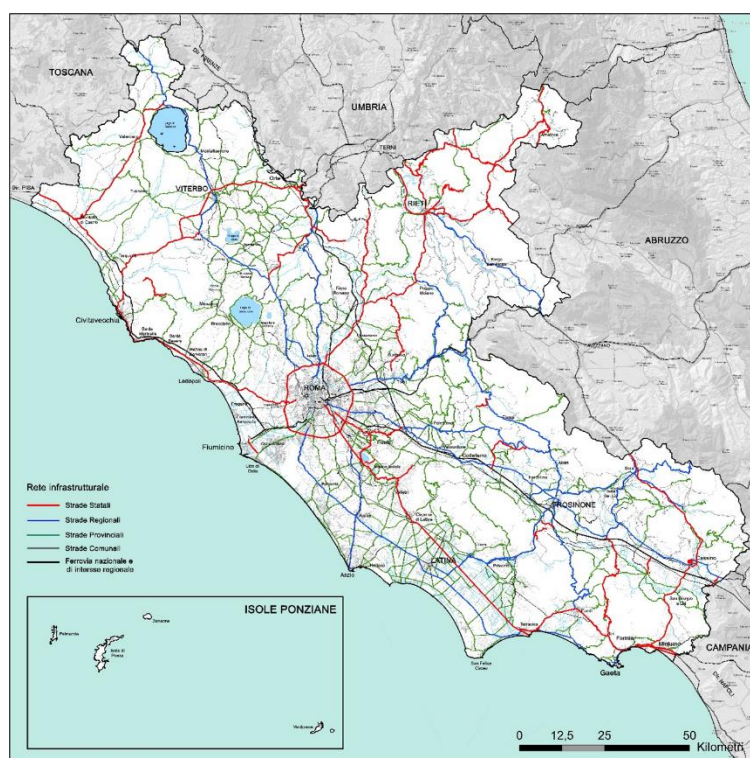


**Figura 18** Localizzazione sommaria dei “Paesaggi Tradizionali”

#### 2.1.1.3.2 Infrastrutturazione

##### La rete stradale e autostradale

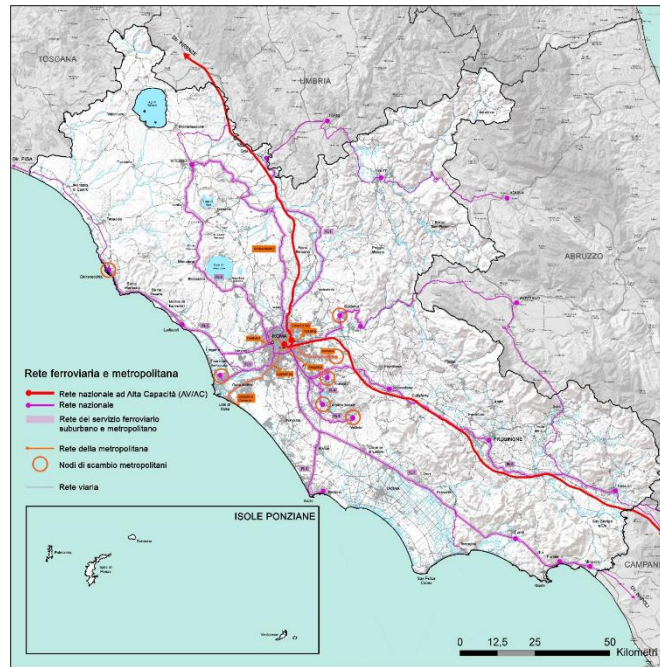
Il Lazio è interessato da una fitta rete autostradale collegata alle principali direttrici nazionali e da una maglia di strade statali di interesse regionale interrelata con le regioni limitrofe (Figura 19).



### La rete ferroviaria regionale

Oltre alla rete gestita dal Gruppo Ferrovie dello Stato, nel territorio regionale esistono altre tre ferrovie che offrono un servizio di tipo suburbano, gestite da ATAC, che collegano Roma con Ostia, Centocelle (quartieri periferici di Roma) e Viterbo (linea Roma – Viterbo). Di queste tre linee, due sono a scartamento standard (Roma-Viterbo e Roma-Ostia) ed una a scartamento ridotto (Termini Laziali-Centocelle). In sintesi, si elencano di seguito le tre linee ATAC (Figura 20):

- Ferrovvia Roma – Lido. Il suo percorso inizia dalla stazione Roma Porta San Paolo fino al limite sud di Ostia Lido; tutto il tratto è completamente all'interno del comune di Roma. La prima parte del tracciato insiste parallelamente a quello della linea metropolitana B, con binari indipendenti. Il suo capolinea è alla stazione Cristoforo Colombo.
- Ferrovvia Termini Laziali – Centocelle. Dal lato della stazione Termini, lungo via Giovanni Giolitti, parte il tracciato metro-tranviario della ferrovia Termini Laziali – Centocelle, che presta servizio all'interno del comune di Roma. L'esistente tracciato è ciò che resta dell'antica ferrovia Roma-Fiuggi-Alatri-Frosinone che univa Roma a Fiuggi e a Frosinone, dismessa nel 2008, anno in cui entra in esercizio la tratta urbana Roma Laziali – Giardinetti. Dal 2015 la linea è limitata alla stazione di Centocelle. Dalla stazione di Centocelle, nel 2014 è entrata in esercizio la linea C della metropolitana di Roma, nella tratta Monte Compatri – Pantano – Parco di Centocelle.
- Ferrovvia Roma – Civita Castellana – Viterbo. Conosciuta anche come “Roma Nord”, collega Roma (da Piazzale Flaminio – in corrispondenza con la Metro A Anagnina-Battistini) a Viterbo, passando da Civita Castellana.



**Figura 20** Rete ferroviaria regionale

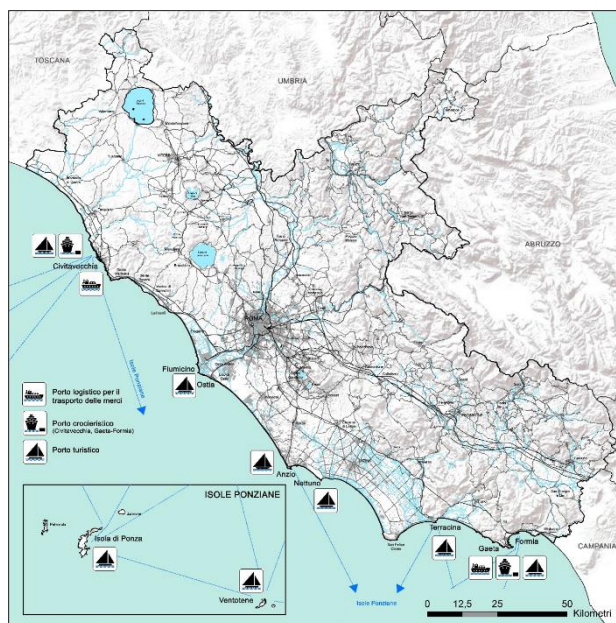
### Il sistema portuale

Il sistema portuale del Lazio si sviluppa attraverso i tre poli principali (Figura 21): quello di Civitavecchia di importanza internazionale, il polo romano di Fiumicino-Anzio, e il polo Pontino di Gaeta-Formia-Terracina, di cui fanno parte anche le strutture portuali delle isole di Ponza e Ventotene.

Come rappresentato nell'immagine soprastante il sistema portuale del Lazio è contraddistinto da tre linee di collegamento:

- linee di trasporto merci;
- linee croceristiche;
- linee di traghetti per le isole maggiori (Sardegna, Sicilia, Corsica) e con le isole minori (Pontine).





**Figura 21** Il sistema portuale

#### Attrezzature per i trasporti (Figura 22)

Aeroporti. Il sistema aeroportuale regionale conta 11 aeroporti, elencati di seguito (Tabella 4).

**Tabella 4** Elenco Aeroporti del Lazio

| <i>n.</i> | <i>Denominazione</i>          | <i>Comune</i>            | <i>Codifica ICAO</i> | <i>Tipologia</i>                                            |
|-----------|-------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1.        | Aeroporto di Fiumicino        | Fiumicino (RM)           | LIRF                 | Civile                                                      |
| 2.        | Aeroporto G. Battista Pastine | Ciampino (RM)            | LIRA                 | Civile                                                      |
| 3.        | Aeroporto Roma-Urbe           | Roma                     | LIRU                 | Per attività di<br>aeroclub/aerotaxi<br>e protezione civile |
| 4.        | Aeroporto di Latina           | Latina                   | LIRL                 | Militare                                                    |
| 5.        | Aeroporto di Frosinone        | Frosinone                | LIRH                 | Militare                                                    |
| 6.        | Aeroporto di Guidonia         | Guidonia Montecelio (RM) | LIRG                 | Militare                                                    |
| 7.        | Aeroporto di Viterbo          | Viterbo                  | LIRV                 | Militare                                                    |
| 8.        | Aeroporto di Pratica di Mare  | Pomezia (RM)             | LIRE                 | Militare                                                    |
| 9.        | Aeroporto di Furbara          | Cerveteri (RM)           | LIAR                 | Militare                                                    |
| 10.       | Aeroporto di Rieti            | Rieti                    | LIQN                 | Per attività di aeroclub                                    |
| 11.       | Aeroporto di Aquino           | Aquino (FR)              | LIAQ                 | Per attività di aeroclub                                    |

Piattaforme logistiche e centri intermodali. Sono di seguito elencate le principali piattaforme logistiche e i principali centri intermodali operanti nella Regione Lazio (Tabella 5).

È inoltre, in progetto la realizzazione di un ulteriore centro intermodale da parte del Consorzio ASI Sud Pontino, al fine di inserire in un più vasto sistema di interconnessione logistica, il porto di Gaeta con le aree del Lazio meridionale, del Nord Campania e del Molise.

**Tabella 5** Elenco piattaforme logistiche

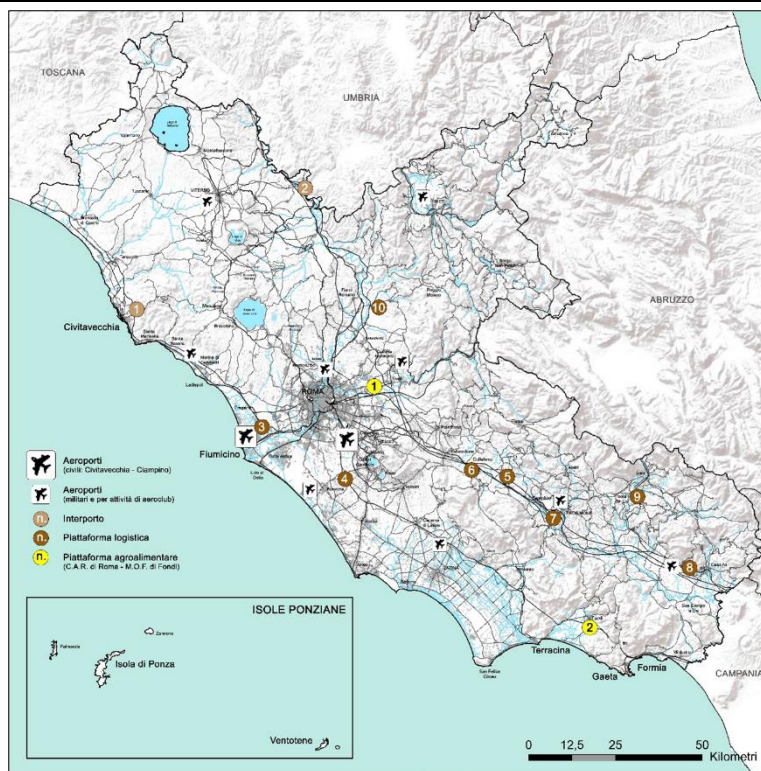
| <b>n.</b> | <b>Denominazione</b>                                | <b>Comune</b>               |
|-----------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1.        | Interporto di Civitavecchia                         | Civitavecchia (RM)          |
| 2.        | Interporto di Orte                                  | Orte (VT)                   |
| 3.        | Piattaforma logistica di Fiumicino                  | Fiumicino (RM)              |
| 4.        | Piattaforma logistica Pomezia - Santa Palomba       | Pomezia (RM)                |
| 5.        | Piattaforma logistica Anagni - Fiuggi               | Anagni (FR)                 |
| 6.        | Piattaforma logistica di Colleferro                 | Colleferro (RM)             |
| 7.        | Piattaforma logistica di Frosinone                  | Frosinone                   |
| 8.        | Piattaforma logistica Cassino-Piedimonte S. Germano | Piedimonte San Germano (FR) |
| 9.        | Piattaforma logistica di Isola del Liri             | Sono di seguito elencate    |
| 10.       | Piattaforma logistica di Roma Nord – Passo Corese   | Fara in Sabina (RM)         |

Piattaforme agroalimentari. Sono di seguito elencate le principali piattaforme agroalimentari operanti nella Regione Lazio (Tabella 6).

**Tabella 6** Elenco piattaforme alimentari

| <b>n.</b> | <b>Denominazione</b>                     | <b>Comune</b> |
|-----------|------------------------------------------|---------------|
| 1.        | Centro Agroalimentare di Roma (CAR)      | Guidonia (RM) |
|           | Mercato Ittico (CAR)                     | Guidonia (RM) |
| 2.        | Centro agroalimentare all'ingrosso (MOF) | Fondi (LT)    |





**Figura 22** Sistema delle attrezzature per i trasporti e i servizi logistici

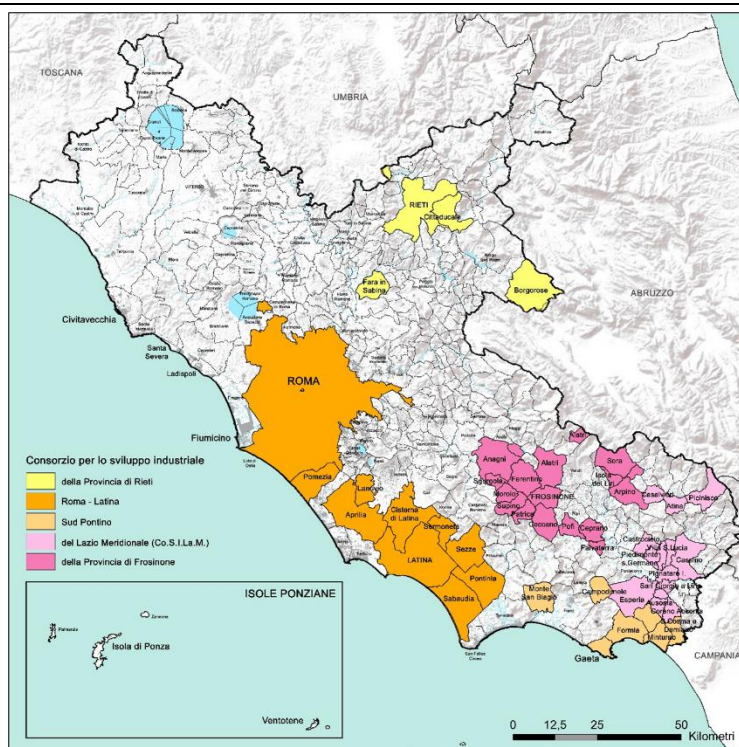
### Consorzi per lo sviluppo industriale

Attualmente sono cinque i consorzi per l'Area di Sviluppo Industriale (ASI) del Lazio (Figura 23), articolati in distretti o agglomerati:

- Il Consorzio della Provincia di Rieti è stato istituito con il Dpr n. 1383/1965, per effetto della Legge n. 634/1957, con lo scopo di favorire l'industrializzazione al fine di sopperire ai limiti dell'economia agricola e silvo-pastorale e al tendenziale spopolamento. Recentemente, per effetto dell'adeguamento alla Lr n. 13/1997, ha assunto la denominazione di Consorzio per lo sviluppo Industriale – ASI, divenendo inoltre come figura giuridica ente pubblico economico. Si articola in tre aree consortili: Rieti - Cittàducale, Borgorose, il polo della logistica di Passo Corese.
- Il Consorzio industriale Roma – Latina, ad oggi si estende dall'agglomerato di Castel Romano nel comune di Roma, fino al comune di Pontinia. In particolare, l'ambito industriale si articola in 7 agglomerati: Castel Romano, Santa Palomba, Aprilia, Cisterna di Latina, Latina Scalo, Pontinia, Mazzocchio.
- Il Consorzio industriale Sud Pontino opera su un comprensorio coincidente con il territorio comunale di 12 comuni (Castelforte, S.S. Cosma e Damiano, Spigno Saturnia, Minturno, Formia, Gaeta, Itri, Campodimele, Fondi, Lenola, Monte S. Biagio e Sperlonga) della parte meridionale della provincia di Latina e si estende per una superficie complessiva pari a circa 654 kmq. Attualmente gli agglomerati industriali esistenti sono 10 e occupano una superficie territoriale pari a circa 610 ettari. Di seguito si riporta un sintetico dettaglio degli agglomerati del Consorzio ASI

Sud Pontino: Pataniello, Ponzanello – Mamurrano, Monte Conca Nord, Monte Conca Sud, Parchi, Penitro, Santo Stefano, Castagneto, San Marco, Fontanelle.

- Il Consorzio per lo sviluppo industriale del Lazio Meridionale (Co.S.I.La.M.) opera su aree ricadenti in diversi comuni del Lazio meridionale e si estendono dal Cassinate alla Valcomino fino ad arrivare al Distretto del Marmo di Coreno. Il territorio consortile è suddiviso in quattro macro-aree: Distretto metalmeccanico afferente al gruppo Fiat Chrysler Automobiles, distretto del marmo di Coreno, distretto della carta, distretto turistico – paesaggistico - gastronomico della Valle del Comino.
- Il Consorzio per lo sviluppo industriale di Frosinone è costituito da 4 agglomerati: Frosinone, Anagni, Ceprano e Sora – Isola del Liri.



**Figura 23** Localizzazione degli agglomerati industriali – consorzio ASI

#### 2.1.1.3.3 Servizi per gli insediamenti

##### Servizi per l'istruzione

Gli istituti scolastici nel territorio regionale sono presenti con ben oltre cinquemila scuole, e più della metà, ovvero il 65%, sono situate tutte nella Città metropolitana di Roma (Tabella 7). Le scuole dell'infanzia rappresentano la fetta più grande di strutture scolastiche, ovvero il 40% del totale, seguite dalle scuole medie e da quelle superiori.

**Tabella 7** Lista istituti scolastici del Lazio

| <b>Tipologia</b>                 | <b>Frosinone</b> | <b>Latina</b> | <b>Rieti</b> | <b>Roma</b>  | <b>Viterbo</b> | <b>Totale</b> |
|----------------------------------|------------------|---------------|--------------|--------------|----------------|---------------|
| Scuole dell'infanzia             | 304              | 258           | 114          | 1.490        | 144            | <b>2.310</b>  |
| Scuole primarie                  | 187              | 151           | 76           | 891          | 89             | <b>1.394</b>  |
| Scuole medie                     | 83               | 57            | 34           | 389          | 61             | <b>624</b>    |
| Scuole superiori                 | 97               | 68            | 28           | 528          | 46             | <b>767</b>    |
| Istituti di istruzione superiore | 8                | 8             | 6            | 55           | 8              | <b>85</b>     |
| Istituti comprensivi             | 33               | 37            | 21           | 182          | 30             | <b>303</b>    |
| Circoli didattici                | 28               | 25            | 4            | 145          | 6              | <b>208</b>    |
| Scuole serali                    | 10               | 11            | 4            | 49           | 2              | <b>76</b>     |
| <b>Totale</b>                    | <b>750</b>       | <b>615</b>    | <b>287</b>   | <b>3.729</b> | <b>386</b>     | <b>5.767</b>  |

Le università del Lazio sono 12 in totale, 9 in provincia di Roma ed 1 solo polo nelle province di Frosinone, Viterbo e Rieti. In Tabella 8 sono riportate le informazioni per singola Università. Il polo universitario di Rieti “Sabina-Universitas” è costituito dalle sedi distaccate dell’Università degli Studi della Tuscia e l’Università degli Studi di Roma “La Sapienza”.

**Tabella 8** Lista istituti scolastici del Lazio

| <b>Università</b>                                                             | <b>Sito</b>                                                                                     | <b>Indirizzo</b>                   | <b>Località</b> | <b>Sedi distaccate</b>                                |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|
| Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale                     | <a href="https://www.unicas.it/">https://www.unicas.it/</a>                                     | Via Sant'Angelo – località Folcara | Cassino         | Frosinone – Sora – Atina (FR)                         |
| Università degli Studi Europea di Roma / Ateneo Pontificio Regina Apostolorum | <a href="https://www.universitaeeuropeadiroma.it/">https://www.universitaeeuropeadiroma.it/</a> | Via degli Aldobrandeschi, n. 190   | Roma            |                                                       |
| IUSM - Università degli Studi di Roma "Foro Italico"                          | <a href="http://www.uniroma4.it">www.uniroma4.it</a>                                            | Piazza Lauro de Bosis, n. 15       | Roma            |                                                       |
| Libera Università degli Studi "San Pio V"                                     | <a href="http://www.luspicio.it">www.luspicio.it</a>                                            | Via Cristoforo Colombo, n. 200     | Roma            |                                                       |
| LUISS - Libera Università Internazionale degli Studi Sociali                  | <a href="http://www.luiss.it">www.luiss.it</a>                                                  | Viale Pola, n. 12                  | Roma            |                                                       |
| LUMSA - Libera Università "Maria Ss. Assunta"                                 | <a href="http://www.lumsa.it">www.lumsa.it</a>                                                  | Via della Traspontina, n. 21       | Roma            | Altre sedi fuori Regione                              |
| Università "Campus Bio-Medico" di Roma                                        | <a href="http://www.unicampus.it">www.unicampus.it</a>                                          | Via Emilio Longoni, n. 83          | Roma            |                                                       |
| Università degli Studi di Roma "La Sapienza"                                  | <a href="http://www.uniroma1.it">www.uniroma1.it</a>                                            | Piazzale Aldo Moro, n. 9           | Roma            | Civitavecchia (RM), Frosinone, Latina, Rieti, Viterbo |
| Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"                                  | <a href="http://www.uniroma2.it">www.uniroma2.it</a>                                            | Via Orazio Raimondo, n. 8          | Roma            |                                                       |
| Università degli Studi "Roma Tre"                                             | <a href="http://www.uniroma3.it">www.uniroma3.it</a>                                            | Via Ostiense, n. 159               | Roma            |                                                       |
| Università degli Studi della Tuscia                                           | <a href="http://www.unitus.it">www.unitus.it</a>                                                | Via S. Giovanni Decollato, n. 1    | Viterbo         | Cittaducale (RI), Civitavecchia (RM)                  |

| Università          | Sito                                                                       | Indirizzo                       | Località | Sedi distaccate |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------|
| Sabina Universitas* | <a href="http://www.sabinauniversita.s.org">www.sabinauniversita.s.org</a> | Via Angelo Maria Ricci, n. 35/A | Rieti    |                 |

### Sistemi dei servizi culturali regionali

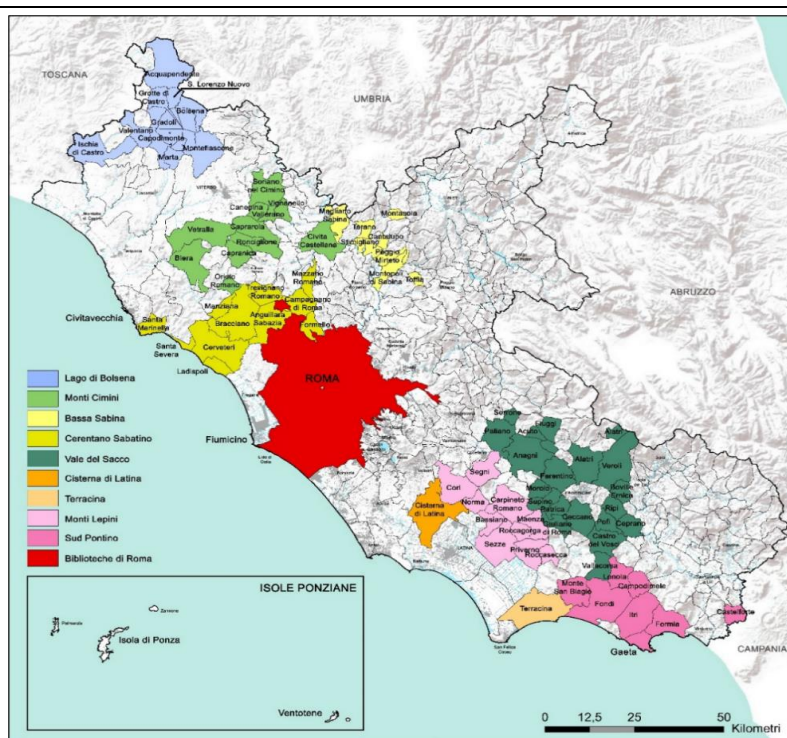
La Regione Lazio è costituita da una fitta rete di servizi culturali (biblioteche, musei e archivi storici) che operano in sinergia al fine di creare strumenti di coesione sociale e di sviluppo del territorio.

La ricognizione degli enti accreditati nel 2018 ha rilevato 135 musei e 197 biblioteche di interesse locale, 9 sistemi bibliotecari, 3 sistemi integrati, 6 sistemi museali e 4 sistemi museali tematici. Di questi, il 66% delle biblioteche e il 74% dei musei è parte di un sistema.

### Sistema Bibliotecario

Il sistema bibliotecario della Regione Lazio già da tempo rientra in un più ampio progetto culturale di automazione e innovazione del servizio. Infatti, la Regione, al fine di valorizzare, salvaguardare e diffondere i patrimoni documentari delle biblioteche, ha aderito al Servizio Bibliotecario Nazionale (S.B.N.) istituendo il Polo Bibliotecario Regionale - SBN RL1 (separato dal 2017 dal polo RMS dell'Università La Sapienza di Roma), a cui aderiscono attualmente 214 biblioteche di enti locali e di interesse locale.

La rete regionale è suddivisa in ambiti territoriali, di seguito elencati e rappresentati graficamente in Figura 24.



**Figura 24** Comuni afferenti alla rete del Sistema Bibliotecario Nazionale

### Musei, ecomusei e sistemi museali

In un'ottica di sistema a rete, anche per i musei la Regione Lazio sta cercando di integrarsi al Sistema Museale Nazionale, attraverso l'istituzione dell'Organizzazione Museale Regionale (OMR). Di seguito si elencano i servizi culturali che si sono costituiti formalmente, distinti in: sistemi integrati e territoriali, sistemi tematici ed ecomusei.

### Servizi sanitari

Il sistema dell'emergenza territoriale e ospedaliera della Regione Lazio è garantito dalla rete dei presidi ospedalieri, ossia il Dipartimento d'emergenza e accettazione (DEA) e i Pronto soccorso territoriali, suddivisi in tre livelli gerarchici di complessità, in conformità con il DM n.70/2015:

- presidi ospedalieri di base (Pronto soccorso);
- presidi ospedalieri di I livello (DEA I);
- presidi ospedalieri di II livello (DEA II).

#### 2.1.1.3.4 Profili demografici e socioeconomici

Le dinamiche demografiche e socioeconomiche avvenute ed in atto nella Regione Lazio sono state monitorate dall'ISTAT. Le informazioni generali riguardanti la popolazione residente nel territorio regionale sono state desunte dal nono censimento del 1951 fino all'ultimo aggiornamento dati del 2020.

A seguire, vengono descritte e rappresentate le tabelle di sintesi dei dati raccolti.

Popolazione residente e stranieri (Tabella 9)

**Tabella 9** Popolazione residente e stranieri

| Censimento | Anno | Pop. totale | Var % | Pop. Straniera | % Stranieri su pop. totale |
|------------|------|-------------|-------|----------------|----------------------------|
| Agg.       | 2020 | 5.865.544   | 6,6%  | 682.968        | 11,6%                      |
| 15°        | 2011 | 5.502.886   | 7,6%  | 425.707        | 7,7%                       |
| 14°        | 2001 | 5.112.413   | -0,5% | -              | -                          |
| 13°        | 1991 | 5.140.371   | 1,6%  | -              | -                          |
| 12°        | 1981 | 5.059.871   | 7,9%  | -              | -                          |
| 11°        | 1971 | 4.689.482   | 19,5% | -              | -                          |
| 10°        | 1961 | 3.922.783   | 17,4% | -              | -                          |
| 9°         | 1951 | 3.340.798   | -     | -              | -                          |

Popolazione residente per classi di età (Tabella 10)

**Tabella 10** Popolazione residente per classi di età

| Censimento | 0 - 14 anni |       | 15 - 24 anni |       | 25 - 44 anni |       | 45 - 64 anni |       | oltre 65 anni |       |
|------------|-------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|
|            | Valore ass. | Var % | Valore ass.  | Var % | Valore ass.  | Var % | Valore ass.  | Var % | Valore ass.   | Var % |

|      |      |           |        |         |        |           |       |           |       |           |       |
|------|------|-----------|--------|---------|--------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| agg. | 2020 | 770.072   | 1,4%   | 547.754 | 3,2%   | 1.435.376 | -7,9% | 1.820.588 | 18,1% | 1.291.754 | 16,1% |
| 15°  | 2011 | 759.585   | 7,3%   | 530.784 | -5,0%  | 1.558.432 | -3,1% | 1.541.654 | 16,9% | 1.112.431 | 21,0% |
| 14°  | 2001 | 707.891   | -10,5% | 558.451 | -30,2% | 1.608.163 | 3,5%  | 1.318.456 | 3,9%  | 919.452   | 26,5% |
| 13°  | 1991 | 790.515   | -26,1% | 800.125 | 0,5%   | 1.553.572 | 12,0% | 1.269.405 | 8,7%  | 726.754   | 25,1% |
| 12°  | 1981 | 1.069.357 | -8,9%  | 796.116 | 15,2%  | 1.387.523 | 2,3%  | 1.167.904 | 13,6% | 580.784   | 32,1% |
| 11°  | 1971 | 1.174.121 |        | 690.808 |        | 1.356.638 |       | 1.028.350 |       | 439.565   |       |

Popolazione per settore lavorativo (Tabella 11)

**Tabella 11** Popolazione per settore lavorativo

| Censimento |      | Settore Lavorativo Agricoltura |        | Settore Lavorativo Industria |        | Altri Settori Lavorativi |       |
|------------|------|--------------------------------|--------|------------------------------|--------|--------------------------|-------|
| 15°        | 2011 | 64.364                         | 0,5%   | 360.964                      | -80,9% | 1.751.632                | 24,5% |
| 14°        | 2001 | 64.071                         | -18,4% | 1.885.229                    | 324,8% | 1.406.649                | 0,6%  |
| 13°        | 1991 | 78.510                         | -26,3% | 443.748                      | -4,6%  | 1.397.944                | 25,6% |
| 12°        | 1981 | 106.529                        | -30,5% | 465.244                      | -6,7%  | 1.113.150                | 25,6% |
| 11°        | 1971 | 153.252                        |        | 498.757                      |        | 886.114                  |       |

### 3 Proposta metodologica per l'analisi di dettaglio

L'analisi di dettaglio rappresenta la vera e propria fase di diagnosi territoriale, permettendo, attraverso studi e valutazioni specifiche, di comprendere i numerosi aspetti fondamentali per la descrizione delle componenti influenti sul territorio rurale e sul comparto agricolo, nonché per identificarne potenzialità e criticità. Per condurre un'analisi corretta, è essenziale considerare l'unicità dell'attività agricola, tenendo conto della sua forte multifunzionalità. Questo termine ha assunto un significato più ampio, includendo funzioni e attività compatibili e complementari che riguardano la fornitura di servizi al territorio e alla società, la rivitalizzazione demografica e sociale delle aree rurali e periurbane, e un ruolo ecologico di primaria importanza (Kopeva et al., 2010).

L'insieme delle informazioni ottenute dall'analisi generale e l'individuazione delle variabili statiche, permette di avere una visione macroscopica del territorio con le sue suddivisioni legate alle caratteristiche ambientali, socio-economici ed del sistema agricolo.

La sovrapposizione di tali informazioni rappresenta un metodo di sintesi di difficile realizzazione, ma soprattutto richiederebbe uno sforzo di interpretazione per ciascuna delle caratteristiche considerate e per la valutazione delle criticità, o opportunità, ad esse connesse.

Diviene quindi essenziale effettuare degli approfondimenti dal punto di vista della scala e del collegamento esistente tra le informazioni valutate, la loro potenzialità e gli eventuali limiti per lo sviluppo e l'uso. A questo proposito, la disponibilità di strumento e dati di maggior dettaglio consente gli approfondimenti sia dal punto di vista della scala di analisi (risoluzione spaziale), sia dal punto di vista dell'interazione tra fattori (risoluzione tematica).

L'analisi di dettaglio tenuta nel presente lavoro, per via della molteplicità dei fattori da tenere in considerazione, rende indispensabile un approccio olistico che integri i principi e i metodi quantitativi della pianificazione fisica con le finalità della pianificazione strategica in una visione sistemica. La metodologia proposta per questa fase si basa su un approccio quantitativo per la caratterizzazione del territorio; la selezione di opportune variabili e l'adozione di indicatori idonei consentono di descrivere sinteticamente un dato fenomeno.

Questo approccio è supportato da numerosi esempi di applicazione, come la programmazione dei Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) o la valutazione dei Piani Strategici a livello nazionale e comunitario. L'utilizzo di appositi indicatori per l'analisi di contesto permette di effettuare una "fotografia" della situazione attuale e di valutare, tramite analisi di scenario, l'efficacia delle misure adottate. Il quadro sintetico ottenibile consente una valutazione rapida sia del contesto iniziale, evidenziando peculiarità esistenti, sia degli eventuali cambiamenti intercorsi in un intervallo temporale.

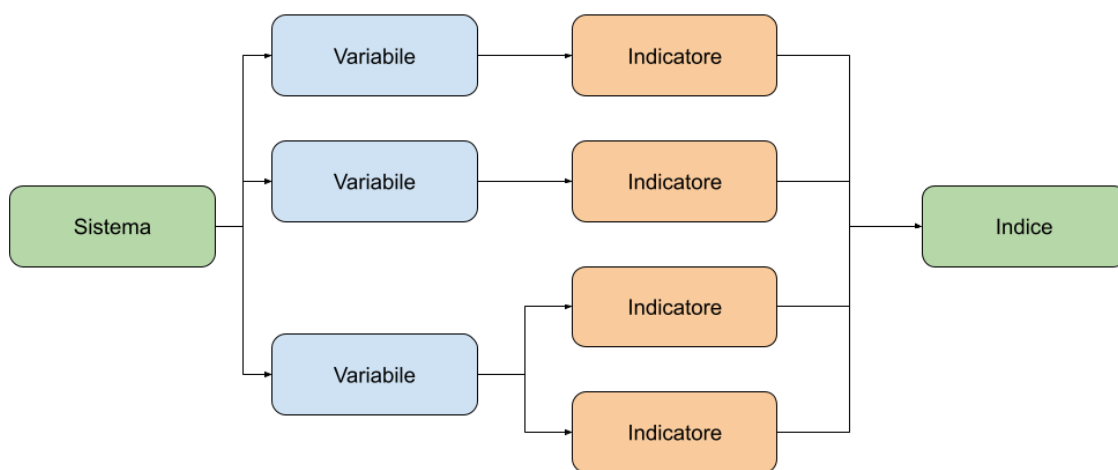
La bibliografia fornisce numerosi esempi di indicatori e indici applicabili in diversi contesti per la descrizione e l'interpretazione di vari caratteri e processi (Al-Shammari et al., 2021; Chrysoulakis et al., 2014; Fan et al., 2021; Gajić et al., 2021; Jiang et al., 2007; Senes et al., 2020).



Data la peculiarità delle analisi condotte per la redazione del PAR e il suo carattere innovativo, si sono adattati gli indici esistenti e proposti dei nuovi, per rispondere agli obiettivi specifici e alle necessità di dinamicità del piano.

Il processo di analisi seguito si articola in quattro fasi fondamentali volte all'individuazione e all'interpretazione degli elementi caratteristici del territorio oggetto di ricerca (Figura 25):

- Individuazione dei principali sistemi da analizzare;
- Identificazione delle variabili utili alla caratterizzazione delle componenti;
- Selezione e calcolo dei relativi indicatori;
- Definizione di indici complessi.



**Figura 25** In figura è riportato un esempio di schema adottato per la produzione degli indici di sintesi.

Come precedentemente accennato dall'analisi di dettaglio emergono delle suddivisioni del territorio in funzione degli aspetti ambientali, socioeconomici e del sistema agricolo. Dal punto di vista morfologico, si riconoscono tre ambiti: le aree montane interne, le aree pianeggianti e le aree collinari interne. Queste tre aree sono interessate da fenomeni differenti: le aree montane vivono i fenomeni ben noti a scala nazionali di spopolamento e di abbandono, le aree di pianura, dove le attività in genere e in particolare l'attività agricola, hanno una maggiore vitalità e infine, le aree interne collinari intermedie mostrano generalmente forme di agricoltura più estensiva (De Rosa et al., 2019).

Dall'analisi macroscopica degli aspetti infrastrutturali, viene messo in evidenza la dotazione di infrastrutture e servizi. Questo rappresenta una caratteristica fondamentale per garantire la presenza dell'uomo in genere e delle attività sul territorio. L'analisi dell'uso del suolo fatta attraverso gli strumenti più generalisti come il CLC, quindi con una scala di dettaglio al terzo livello, non permette di comprendere le sfaccettature del tessuto produttivo, sia in termini di diversificazione delle colture, sia in termini di multifunzionalità agricola, come: la presenza di



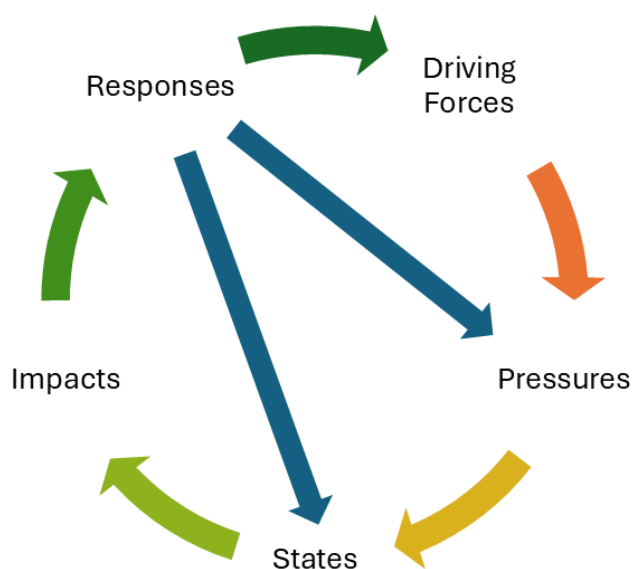
attività agrituristiche, la commercializzazione diretta dei prodotti e la fornitura di servizi di tipo ricreativo come fattorie didattiche, agriturismi ecc.

Dall'insieme di queste indicazioni sono state definite quattro sistemi principali a cui è stata dedicata particolare attenzione, a cui si aggiunge al lato, non perché meno importante, ma perché rappresenta un aspetto rilevante ed in rapido divenire, quello della produzione energetica legata alle aziende agricole.

I quattro aspetti fondamentali individuati sono: la ruralità, la struttura del sistema fondiario, lo stato ambientale del territorio espresso in termini di naturalità e le vulnerabilità ambientali in parte individuate e definite anche attraverso strumenti normativi.

Per ciascuno degli aspetti valutati, è stata condotta un'analisi secondo i principi della pianificazione fisica, composta da: la fase di inventario, per individuare tutte le fonti dati disponibili per effettuare la valutazione, e la fase di analisi, per la produzione degli indici sintetici.

Gli indici ed indicatori prodotti, sono stati valutati impiegando un adattamento del modello concettuale DPSIR. Il modello DPSIR viene comunemente impiegato in ambito ambientale e nella VIA ed è composto da cinque elementi: *Driving forces*, *Pressures*, *States*, *Impacts* e *Responses* (Figura 26). Il vantaggio nell'utilizzare tale metodo è legato anche alla possibilità di un monitoraggio ciclico degli interventi proposti e degli effetti che essi hanno sul processo valutato.



**Figura 26** Schema del modello DPSIR

### 3.1 Ruralità

Una maggiore conoscenza della ruralità del territorio consente politiche più inclusive nella pianificazione regionale/rurale (Li et al., 2015), sposando a pieno le necessità di analisi

territoriale di uno strumento di governo del territorio quale il PAR. Tuttavia, per comprendere appieno l'importanza della ruralità nella pianificazione territoriale, è fondamentale esplorare l'evoluzione storica e teorica del concetto stesso.

Nel corso del tempo, il termine "rurale" ha assunto significati diversi, riflettendo le trasformazioni sociali, economiche e culturali che hanno caratterizzato le aree rurali. Numerosi studiosi si sono interrogati sul significato del termine rurale (Arefaine, 2015, 2015; Bosak and Perlman, 1982; Franks et al., 2023). A tal proposito Blanc (1997) afferma che “la nozione di rurale rimane indefinita, a causa dell’esistenza di una pluralità di fattori che concorrono a qualificare uno spazio come rurale, cui si ricollegano altrettanti modi di interrogarsi sull’eterogeneità dello spazio” (Blanc, 1997). Qualche decennio dopo, Sotte va ad attribuire un significato al termine rurale e alle sue evoluzioni nel tempo, definendo tre diverse fasi verificatesi nel territorio italiano: la ruralità agraria, la ruralità industriale e la ruralità post-industriale (Sotte et al., 2012). Con il termine ruralità agraria (1950-1960) viene considerato il dualismo esistente tra urbano e rurale, considerando le aree rurali in condizioni di disagio e povertà, contrapposto all’agio delle città (Sotte et al., 2012). Dal 1960 al 1990 si passa ad una ruralità detta industriale. La ruralità industriale rappresenta il palcoscenico di un sistema economico in crescita incentrato su piccole e medie imprese interconnesse al sistema rurale (Sotte et al., 2012). Il concetto di ruralità più moderno è la ruralità post-industriale in cui si abbandona la logica esclusivamente settoriale e si abbraccia una definizione più territoriale, legata alla funzione dell’agricoltura nel mantenimento del paesaggio e della cultura (Saraceno, 1994; Sotte et al., 2012). A confermare questo approccio, Isserman afferma che storicamente il concetto di rurale era intrinsecamente associato alla scarsa urbanizzazione e all’agricoltura, ma oggi non è più sufficiente per descrivere un concetto così complesso (Isserman, 2005). Quindi un'area rurale può essere considerata come il prodotto dell’interazione tra elementi naturali e l’attività dell’uomo nel tempo e nello spazio (Picuno et al., 2019). Questa evoluzione teorica del concetto di ruralità si riflette nelle attuali dinamiche demografiche e nel rapporto esistente tra l’urbano ed il rurale.

Le Nazioni Unite per la prima volta nel 2007 affermano che la maggior parte della popolazione mondiale vive nelle aree urbane (Nations Unies, 2009). Nel 2021 nell’Unione Europea (UE) si riscontra che solamente il 21% della popolazione vive nelle aree rurali. Inoltre, dal 2015 al 2020, si è registrato un trend che vede la diminuzione della popolazione delle aree rurali dello 0.1% ogni anno, mentre per le aree urbane si è riscontrato un incremento annuo della popolazione dello 0.4% (“Predominantly rural regions experience depopulation,” 2023). Questi cambiamenti demografici che stanno interessando i territori rurali, i flussi migratori verso le città e la distribuzione sempre più disuniforme delle risorse economiche stanno portando verso delle disparità sociali e polarizzazione all'interno delle città (Pratschke and Morlicchio, 2012; Tammaru et al., 2021, 2015). Le aree urbane, essendo maggiormente dotate di servizi essenziali come istruzione, sanità e mobilità, sono più attrattive per la popolazione. In particolare i giovani tendono a trasferirsi dalle aree rurali nei centri urbani, causando la crescita dello spopolamento giovanile ed un aumento dell’età media di chi popola le aree rurali (Hirsch, 2019; Sanders, 2023). Il fenomeno tende ad essere più marcato nelle aree rurali più

interne (Mladenov and Ilieva, 2012). Conseguenza diretta dello spopolamento è l'aumento dei costi sociali ed economici comunitari e nazionali per via del mancato presidio del territorio, che comporta un aumento dell'instabilità idrogeologica ed il degrado del patrimonio culturale e paesaggistico (Bermond, 1977).

Per rispondere a questa emergenza sociale ed economica, l'Unione Europea ha predisposto delle strategie di sviluppo dei territori. Una delle strategie proposte riguarda la Politica Agricola Comune (PAC) con il Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale (FEASR 2014/2020). Nella scorsa programmazione PAC, sono stati stanziati 95,6 miliardi di euro da ripartire tra tutti gli Stati membri (Reg. UE 1305/2013) al fine di promuovere lo sviluppo delle aree rurali. Inoltre, è stata sviluppata una specifica strategia per quelle aree rurali interne e marginali. Le strategie di sviluppo delle aree interne in Europa mirano ad invertire il trend di spopolamento e la marginalizzazione di queste aree, attraverso il miglioramento dell'accessibilità ai servizi e incentivando lo sviluppo locale (Bacci et al., 2021). Tra le strategie al livello nazionale spicca la Strategia Nazionale per le Aree Interne (SNAI) (Basile and Cavallo, 2020), promossa dall'Italia nel 2012.

Per l'applicazione delle politiche sopra descritte è necessario andare a circoscrivere delle aree di intervento. In Europa la metodologia utilizzata di identificazione delle aree rurali è quella dell'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE, 1994) in cui la densità di popolazione viene considerata come unico elemento che contribuisce alla ruralità dei territori. Tale classificazione viene approfondita al livello nazionale per l'applicazione del PSR regionale. La strategia di classificazione del PSR utilizza come fattori chiave per l'identificazione dei diversi gradi di ruralità la morfologia dei territori, la densità di popolazione e l'uso del suolo prevalente.

Ulteriore classificazione necessaria per l'applicazione delle politiche di sviluppo, è la mappatura delle aree interne. Caratteristiche comuni di queste aree sono la distanza dai servizi (come scuola, sanità e mobilità) e aree ricche di risorse ambientali e culturali, quindi, la metodologia sviluppata in Italia per la mappatura delle aree interne classifica i comuni in base alla distanza dai servizi essenziali, quali ospedali, offerta scolastica secondaria e stazioni ferroviarie (Lucatelli, 2015). I comuni dotati di questi servizi sono classificati come poli urbani e gli altri comuni vengono classificati in funzione del tempo necessario per raggiungere il polo urbano più vicino. Entrambi i metodi del PSR e della SNAI sono applicati considerando la scala comunale, non cogliendo la peculiarità delle diverse aree del territorio.

Per massimizzare l'efficacia delle politiche di sviluppo sarebbe opportuno mappare le aree rurali prescindendo dal limite amministrativo comunale. Tuttavia, classificare le aree in base al loro grado di ruralità non è un compito di semplice esecuzione, visto che tale concetto resta un concetto sfuggente (Waldorf, 2006; Woods, 2010) e talvolta legato alla percezione personale (Halfacree, 1995; Hoggart, 1988; Ilbery, 1998). Dalla revisione bibliografica condotta, risultano numerosi gli approcci proposti dai ricercatori per mappare i diversi gradi di ruralità basati su indici e indicatori, mentre le variabili coinvolte non sono state oggetto di un'eccessiva innovazione e riguardano: bassa densità di popolazione, lontananza dalle aree

urbane, condizioni del paesaggio, minore grado di infrastrutture fisiche e limitate strutture e servizi pubblici, ecc. (Casey et al., 2001; Waldorf, 2006; Wallace et al., 2010; Zhang et al., 2000). Sviluppare un indice di ruralità coerente e definire i territori in base ai loro livelli di ruralità è importante per l'identificazione sia delle esigenze che delle opportunità delle aree rurali (Li et al., 2015).

I primi studi sull'identificazione delle aree rurali mediante indici, basati sulla combinazione di densità di popolazione e di modelli di occupazione si sviluppano negli anni 70 (Smith and Jr, 1973; Smith and Parvin, 1975). Lo studio più emblematico è quello del ricercatore Paul Cloke del 1977, in cui venne proposto un nuovo metodo quantitativo per misurare la ruralità basato su: densità di popolazione, demografia, pendolarismo e la distanza dai centri urbani di diverse dimensioni (Cloke, 1977), apportando un contributo significativo e innovativo ai metodi di misure della ruralità (Beynon et al., 2016; Galluzzo, 2019). L'interesse nella mappatura delle aree rurali ha portato nel tempo a miglioramenti nelle tecniche per la loro delimitazione, in particolare grazie all'integrazione di analisi GIS e statistiche (Blunden et al., 1998; Cleland, 1995; Cromartie and Swanson, 1996; Harrington and O'Donoghue, 1998; Hoggart, 1988; Mitchell and Doyle, 1996; Nutley, 1980; Weinert and Boik, 1995). Ulteriore aspetto rilevante riguarda la scala di applicazione, molti studi sono incentrati sulla scala nazionale utilizzando limiti amministrativi ben definiti (Bogdanov et al., 2008; Hidle et al., 2006; Madu, 2010; Ögdül, 2010). Le applicazioni a scala regionale sono comunque ben studiate, Romano et al 2016 hanno sviluppato un modello multicriteri per produrre un indice di ruralità per la regione Basilicata (Romano et al., 2016), Caschili et al hanno classificato i comuni della Sardegna in base al grado di ruralità e accessibilità utilizzando un'analisi multivariata (Caschili et al., 2015). Nonostante le scoperte e le tecniche per la mappatura e la classificazione dei diversi gradi di ruralità, le politiche comunitarie, nazionali e regionali, zonizzano il territorio utilizzando tecniche semplici (es. OCSE) e utilizzando i rigidi limiti amministrativi. La comunità scientifica ha sottolineato la necessità di migliorare le definizioni delle aree rurali per migliorare l'efficienza di applicazione delle politiche (Agarwal et al., 2009; Argent, 2008; Beynon et al., 2016; Gallent and Robinson, 2011). Infatti, per politiche efficaci di pianificazione spaziale rurale è necessaria una solida comprensione del contesto rurale, sinergicamente ad una precisa categorizzazione della ruralità basata su attributi chiave (Li et al., 2015). A tal fine sviluppare un indice a partire da dati georeferenziati con un alto dettaglio spaziale è considerata una delle più recenti frontiere nel campo delle analisi territoriali (Bernetti et al., 2013, 2011a, 2011b).

In questo capitolo viene sviluppato un indice di ruralità continuo sul territorio con un'alta risoluzione spaziale, superando il limite dei confini comunali e consentendo di analizzare più nel dettaglio le peculiarità del territorio. La metodologia prevede l'uso combinato dei fattori chiave utilizzati per definire la ruralità e l'accessibilità. L'uso di dati georeferenziati, associato alla logica fuzzy e alla *multi criteria decision making* (MCDM) sono state utilizzate per: (1) produzione degli indicatori; (2) aggregazione degli indicatori in 3 sub indici: indice demografico e edificazione, indice di accessibilità e indicatore della morfologia e (3) Aggregazione dei sub

indici nell'indice di ruralità. L'indice prodotto è stato classificato considerando la distribuzione di frequenza del dato.

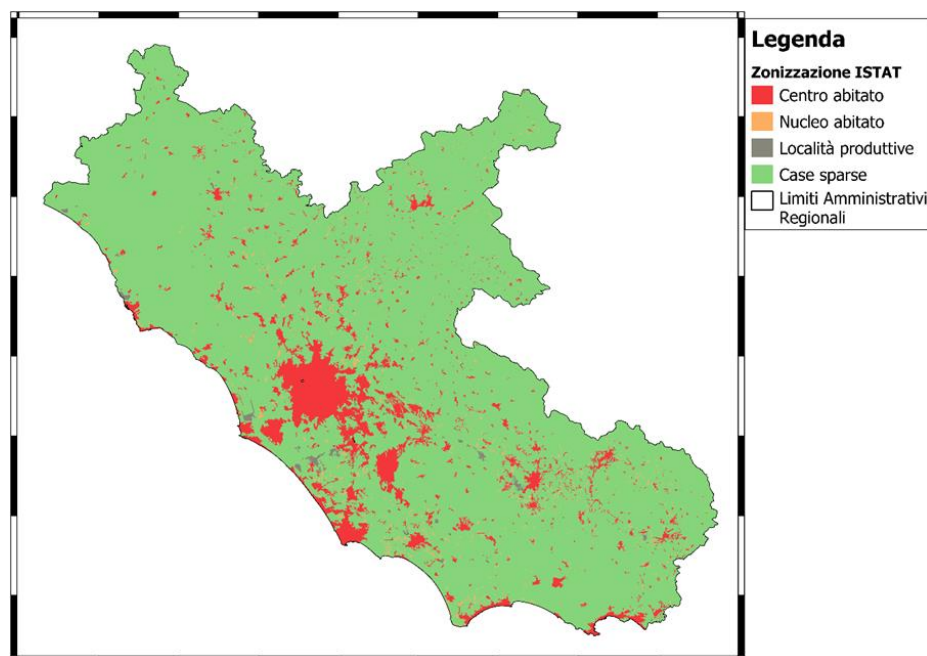
### 3.1.1 Inventario

Nella fase d'inventario si sono raccolti i dati necessari per lo studio. I dati utilizzati sono: il dato vettoriale dell'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) riportante la tipologia di località abitativa, il dato del 6° censimento ISTAT del 2011 riportante il numero di abitanti per tipologia di località abitativa, il grafo stradale di *Open Street Map* (OSM), il dato vettoriale degli edifici della Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN), gli edifici classificati dall'LPIS, la localizzazione dei principali servizi (es. Ospedali, scuole, ecc.) e la carta delle pendenze.

#### 3.1.1.1 Dati ISTAT

I dati scaricati dal portale ISTAT sono coinvolti nella valutazione della demografia della regione Lazio. La mappa delle tipologie di località abitativa è stata utilizzata per circoscrivere l'area di studio, in particolare questo dato suddivide il territorio regionale in 4 classi (Figura 27):

- Centro abitato: Aggregato di case contigue o vicine con interposte strade, piazze e simili, o comunque brevi soluzioni di continuità caratterizzato dall'esistenza di servizi od esercizi pubblici (scuola, ufficio pubblico, farmacia, negozio o simili) che costituiscono una forma autonoma di vita sociale e, generalmente, anche un luogo di raccolta per gli abitanti delle zone limitrofe in modo da manifestare l'esistenza di una forma di vita sociale coordinata dal centro stesso. I luoghi di convegno turistico, i gruppi di villini, alberghi e simili destinati alla villeggiatura, abitati stagionalmente, devono essere considerati come centri abitati temporanei, purché nel periodo dell'attività stagionale presentino i requisiti del centro.
- Nucleo abitato: Località abitata, priva del luogo di raccolta che caratterizza il centro abitato, costituita da un gruppo di almeno quindici edifici contigui e vicini, con almeno quindici famiglie, con interposte strade, sentieri, piazze, aie, piccoli orti, piccoli incolti e simili, purché l'intervallo tra casa e casa non superi una trentina di metri e sia in ogni modo inferiore a quello intercorrente tra il nucleo stesso e la più vicina delle case manifestamente sparse.
- Località produttive: Area in ambito extraurbano non compresa nei centri o nuclei abitati nella quale siano presenti unità locali in numero superiore a 10, o il cui numero totale di addetti sia superiore a 200, contigue o vicine con interposte strade, piazze e simili, o comunque brevi soluzioni di continuità non superiori a 200 metri; la superficie minima deve corrispondere a 5 ettari.
- Case Sparse: Case disseminate nel territorio comunale a distanza tale da non poter costituire nemmeno un nucleo abitato.



**Figura 27** Suddivisione del territorio Regionali per tipologia di località abitativa

Le successive analisi sono state condotte solo sull'area classificata come "Case sparse". Questa scelta è dovuta al fatto che la classe selezionata corrisponde con il territorio agro-forestale e differisce dalle aree a carattere fortemente urbano come le aree classificate "Centri abitati" e "Nuclei abitati".

Congiuntamente con il dato sulla tipologia di località abitativa, è stato scaricato dal sito dell'ISTAT il dato degli abitanti del 6° censimento del 2011. La scelta di utilizzare un dato del 2011 è legata al livello di accuratezza maggiore del dato stesso e alla mancanza di un dato comparabile più recente. Peculiarità del dato della popolazione del 2011 è l'indicazione per ogni comune del numero di abitati che risiedono nelle diverse tipologie di località abitativa.

#### 3.1.1.2 Carta Tecnica Regionale Numerica DBGP

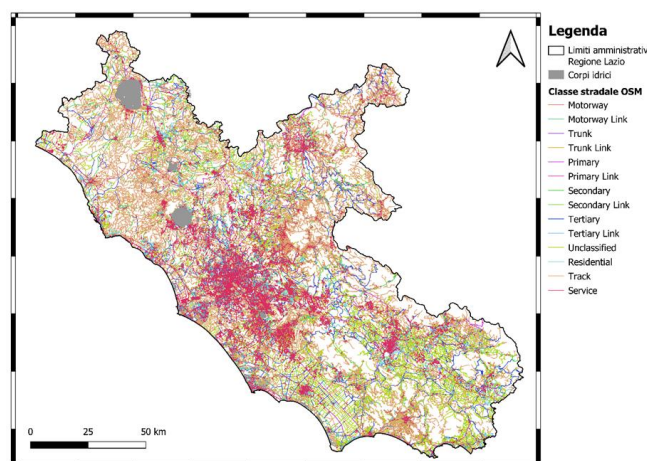
Il dato dell'edificato utilizzato in questo studio è stato estratto dalla Carta Tecnica Regionale Numerica, derivata dalle classi del Database Geotopografico della Regione Lazio, rilasciata nel 2014. Tale carta riporta i dati convertiti in vettore di tutti gli elementi presenti sul dato raster della Carta Tecnica Regionale 1:5000. Ogni dato vettorializzato è corredato di ulteriori informazioni. L'edificato in particolare è suddiviso in due diversi file, un file poligonale ed uno puntuale. I poligoni sono dotati della superficie degli edifici, lo stato di conservazione e la tipologia, tuttavia, solo una piccola percentuale degli edifici è provvista di questo dato, rendendo questa informazione non rilevante ai fini dello studio. Il dato puntuale è formato dai centroidi di ogni edificio ed indica per ogni fabbricato l'altezza.

### 3.1.1.3 Edifici LPIS

Il LPIS (European Court of Auditors, 2016) è un uso del suolo realizzato a partire da fotografie aeree o satellitari con cui viene realizzata una carta di uso del suolo per tutti gli stati membri. In Italia, l'unità di riferimento è la particella catastale. Nonostante la perimetrazione degli edifici del LPIS presenti una minore accuratezza, l'importanza di utilizzare questo dato sta nella presenza dell'attribuzione di una classe di destinazione d'uso agli edifici, in particolare con LPIS è possibile conoscere gli edifici utilizzati a servizio dell'attività agricola, come stalle, fabbricati ad uso zootecnico e serre. Tale dato è stato utilizzato per attribuire la destinazione d'uso agli edifici individuati dalla CTRN. Le analisi sono state condotte con il software QGIS 3.16 (QGIS Development Team, 2024).

### 3.1.1.4 Reticolo Stradale OSM

OSM è un progetto di *crowd mapping* con l'obiettivo di creare dati geografici open source per l'intero pianeta. Vista la natura del progetto, si è deciso di utilizzare il reticolo stradale raccolto dagli utenti, in quanto più completo, aggiornato e dotato di un maggior grado di dettaglio (Figura 28). Il dato grezzo è stato scaricato dal sito <https://osmit-estratti.wmcloud.org/> ed è corredato di attributi utili per le successive analisi, tra cui il più importante, la velocità massima di percorrenza consentita.



**Figura 28** Reticolo stradale OSM della Regione Lazio

In Tabella 12 si riportano le classi stradali degli elementi georeferenziati scaricati. L'attributo della velocità non risulta essere presente per ogni elemento. Per attribuire un valore di velocità massima consentita, è stata condotta un'analisi descrittiva per ogni tipologia stradale, individuando la velocità modale (Tabella 12). Per ogni tratto stradale è stata assegnata la velocità individuata in funzione della categoria stradale.

**Tabella 12** Elaborazione dei dati sulle classi stradali del sito

<https://wiki.openstreetmap.org>

| Classe | Classe stradale | Descrizione                                                                                              | Esempio                                                                              | Velocità Modali (km/h) |
|--------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Strade | Motorway        | Autostrade a pagamento o gratuite, compresi i raccordi autostradali e il Grande Raccordo Anulare di Roma |    | 130                    |
|        | Trunk           | Strade che si pongono a metà strada tra Autostrade/Tangenziali e le Statali                              |    | 90                     |
|        | Primary         | Normalmente sono classificate come SS (Strade Statali) o SR (Strade Regionali)                           |   | 50                     |
|        | Secondary       | Classificate come SP (Strade provinciali)                                                                |  | 50                     |
|        | Tertiary        | Strade di importanza locale o comunale                                                                   |  | 50                     |
|        | Unclassified    | Classificazione per il livello minimo della rete stradale extraurbana                                    |  | 50                     |
|        | Residential     | Strade situate in zone residenziali                                                                      |  | 50                     |



**Tabella 12** Elaborazione dei dati sulle classi stradali del sito

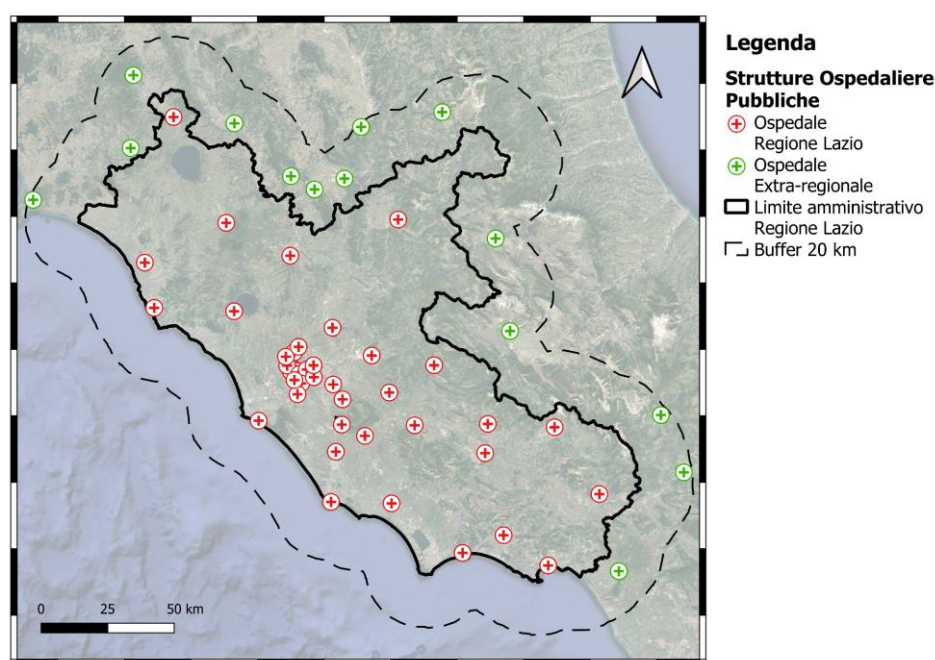
<https://wiki.openstreetmap.org>

| Classe                 | Classe stradale | Descrizione                                                                                                   | Esempio                                                                              | Velocità Modali (km/h) |
|------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|                        | Service         | Strade di servizio utilizzate per accesso ad edifici, stazioni di servizio, zone industriali, parcheggi, ecc. |    | 30                     |
|                        | Track           | Strade principalmente utilizzate per l'attività agricola e selvicolturale.                                    |    | 20                     |
| Strade di congiunzione | Motorway link   | Tratti di collegamento (svincoli/rampe) dall'autostrada                                                       |   | 40                     |
|                        | Trunk link      | Tratti di collegamento (svincoli/rampe) da una strada di classificazione trunk                                |  | 40                     |
|                        | Primary link    | Tratti di collegamento (svincoli/rampe) da una strada di classificazione primary                              |  | 50                     |
|                        | Secondary link  | Tratti di collegamento (svincoli/rampe) da una strada di classificazione secondary                            |  | 50                     |
|                        | Tertiary link   | Tratti di collegamento (svincoli/rampe) da una strada di classificazione tertiary                             |                                                                                      | 50                     |

### 3.1.1.5 Dato vettoriale dei servizi

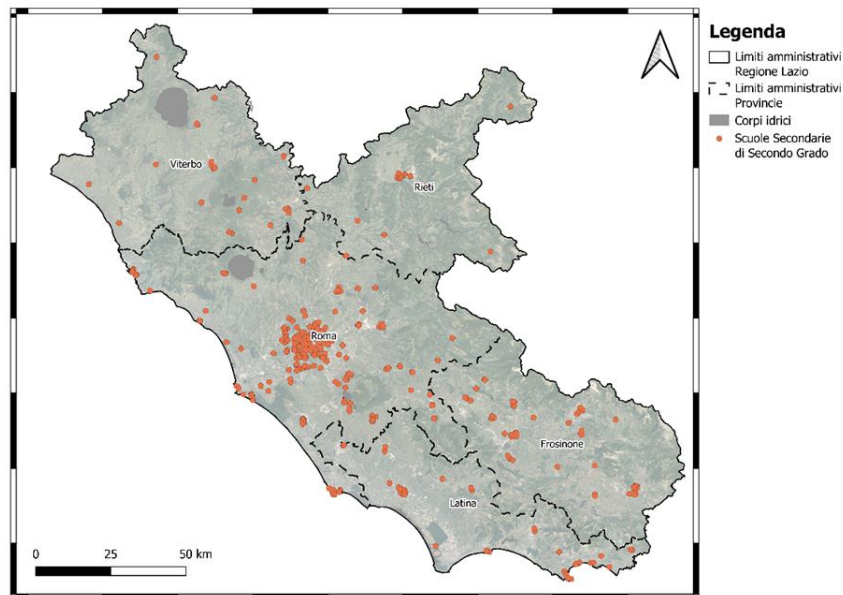
I servizi considerati nell'analisi sono di tre tipologie: strutture ospedaliere, scuole superiori di secondo grado e gli insediamenti urbani classificati come centri abitati dall'ISTAT. Nonostante l'importanza strategica di tali dati, non sono stati riscontrati in formato georeferenziato, quindi è stato necessario digitalizzarli. La digitalizzazione dei servizi è stata eseguita con il software QGIS 3.16.

Il primo dato vettoriale prodotto riguarda le strutture sanitarie pubbliche regionali ed extraregionali che si trovano in un raggio di 20 km dal confine regionale. Per la produzione del geodatabase dei presidi ospedalieri pubblici, è stato utilizzato l'elenco delle strutture ospedaliere aggiornato al 2022 scaricabile dal sito [www.salute.gov.it](http://www.salute.gov.it), che riporta informazioni relative alla classificazione assegnata alle strutture ospedaliere in base al servizio di assistenza fornito e la loro localizzazione (Figura 29).



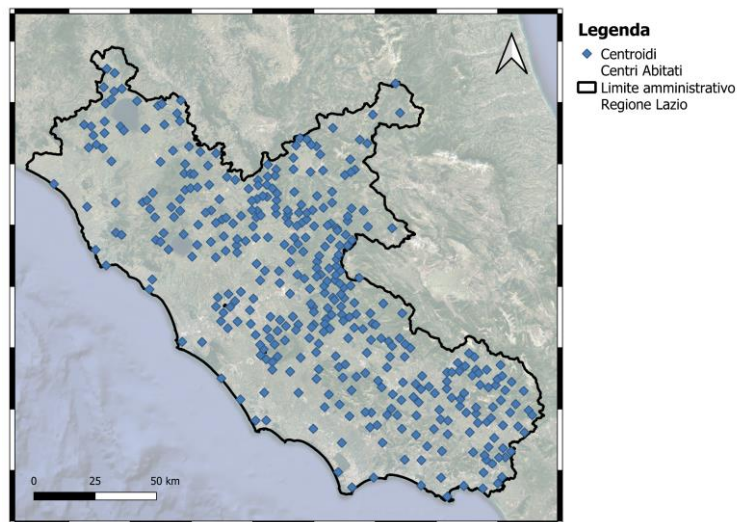
**Figura 29** Localizzazione delle strutture ospedaliere pubbliche regionali (in rosso) ed extraregionale nel raggio di 20km dai confini (in verde)

Il dato della presenza degli edifici scolastici si è stato prodotto solamente per le scuole secondarie di secondo grado (IS), in quanto rientrano negli istituti dell'obbligo scolastico e sono le meno presenti sul territorio. Inoltre, la concentrazione degli istituti superiori di secondo grado nei centri urbani è fonte e causa di pendolarismo. Per generare la mappa di distribuzione degli IS si è prodotto un file di punti georeferenziati utilizzando l'elenco aggiornato all'anno scolastico 2020-2021, scaricabile dal sito dell'Ufficio Scolastico Regionale della Regione Lazio (USRLazio) (<https://www.usrlazio.it/>). La mappa degli IS regionali è riportata in Figura 30.



**Figura 30** Localizzazione degli Istituti scolastici secondari di secondo grado

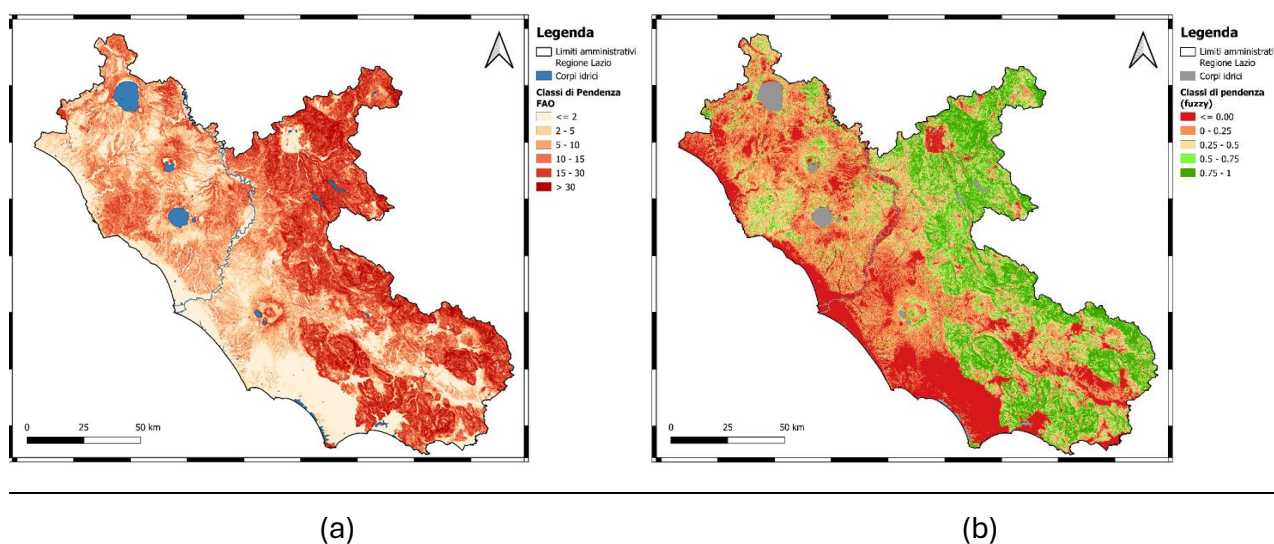
La scelta di utilizzare i centroidi dei centri abitati ISTAT è legata al fatto che i centri abitati possono essere considerati come proxy della presenza di servizi essenziali quali farmacie, banche, poste, negozi di prodotti alimentari ecc. Il dato è stato prodotto posizionato per ogni comune un centroide all'interno del poligono dello strato "Centri Abitati" di maggiori dimensioni. Un'eccezione è stata fatta per il comune di Roma, in cui è stato posizionato un centroide per municipio (Figura 31).



**Figura 31** Localizzazione dei centri abitati

### 3.1.1.6 Carta delle pendenze

Il dato di base che ha permesso la realizzazione della carta delle pendenze è il Modello Digitale di Elevazione (DEM), è un dato raster con risoluzione di 10 m che rappresenta la distribuzione delle quote in un territorio. Il DEM impiegato è stato prodotto dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia – Sezione di Pisa ed è scaricabile dal sito <http://tinitaly.pi.ingv.it> (Tarquini and Nannipieri, 2017). Mediante l'utilizzo del software QGIS 3.16, si è calcolata la pendenza dell'area oggetto di studio. Per la classificazione della carta delle pendenze (Figura 32a), si sono selezionati gli intervalli di pendenza definiti dalla FAO (FAO, 2006). La carta delle pendenze prodotta è stata resa fuzzy per produrre l'indicatore della morfologia (SI) utilizzando due soglie: pendenze inferiori al 2° avranno valori prossimi allo 0, mentre pendenze superiori a 30° avranno valori prossimi a 1.



**Figura 32** Con la (a) si riporta la Mappa delle pendenze classificata con gli intervalli FAO. Con la (b) si indica l'indicatore della morfologia

### 3.1.2 Analisi

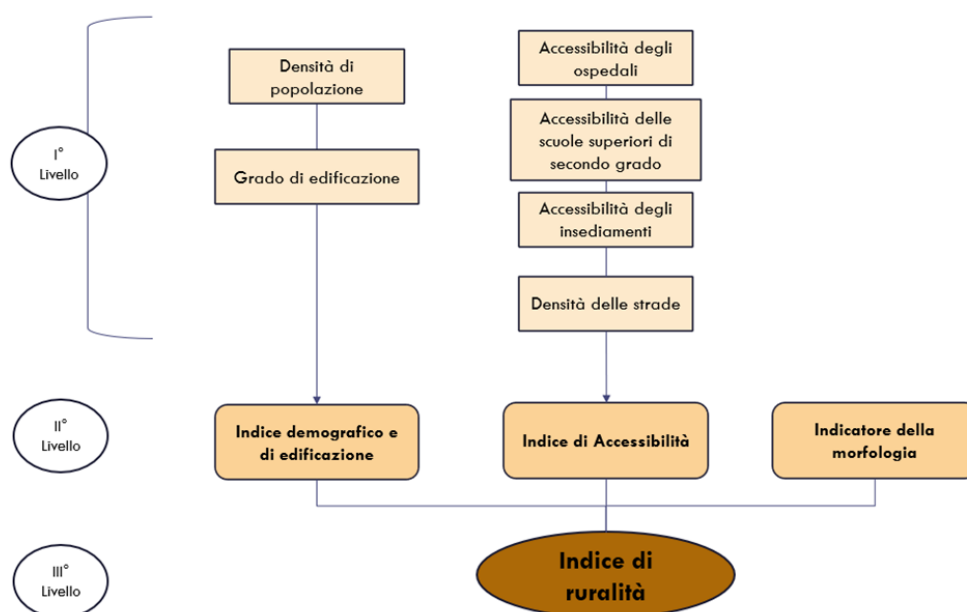
Per la produzione dell'Indice di Ruralità (RI) si è seguito il workflow in Figura 33. L'analisi si articola in tre livelli con l'obiettivo di produrre nel primo livello gli indicatori, nel secondo livello gli indicatori prodotti vengono aggregati per creare degli indici sintetici riguardanti la demografia, l'edificazione e l'accessibilità, nel terzo livello i nuovi indici vengono a loro volta aggregati per produrre il RI. Per aggregare gli indicatori si è deciso di utilizzare la tecnica del MCA, considerando la relazione esistente tra gli indicatori e il fenomeno studiato (Tabella 13).

**Tabella 13** Indicatori analizzati con la relazione sulla ruralità

| Aspetto analizzato | Indicatore             | Relazione con la ruralità |
|--------------------|------------------------|---------------------------|
| Demografia         | Densità di popolazione | Negativa                  |

|                          |                                  |          |
|--------------------------|----------------------------------|----------|
|                          | Densità degli edifici            | Negativa |
| Morfologia               | Pendenza                         | Positiva |
| Accessibilità ai servizi | Densità di strade                | Negativa |
|                          | Accessibilità degli ospedali     | Positiva |
|                          | Accessibilità degli insediamenti | Positiva |
|                          | Accessibilità delle scuole       | Positiva |

L'analisi GIS MCA è stata condotta utilizzando due procedure: la *Boolean overlay* (BO) e la combinazione lineare non pesata. Il metodo di BO prevede la definizione di un dato che va a rappresentare un vincolo per tutte le variabili considerate. Questa mappa è composta da due valori: 0 indica le superfici non idonee, mentre 1 indica le aree idonee oggetto di valutazione (Jiang and Eastman, 2000). In questo lavoro con la BO esclusi dall'analisi tutti i siti che non possono avere carattere di ruralità. Per questo studio, la procedura di standardizzazione utilizzata è basata sulla logica fuzzy (Zadeh, 1988). Gli indicatori ed indici utilizzati sono stati resi fuzzy utilizzando la funzione di appartenenza lineare, definendo quando possibile delle soglie. Le operazioni di fuzzificazione sono state eseguite con il software open source SAGA-GIS (Conrad et al., 2015).



**Figura 33** Schema sintetico per la produzione dell'indice di Ruralità



### 3.1.2.1 Indice Demografico ed Edificazione (IDE)

L'indice demografico e di edificazione è stato ottenuto dall'aggregazione di due indicatori: la densità di popolazione e il grado di edificazione. La valutazione del grado di edificazione è stata condotta utilizzando i fabbricati della CTRN, da questi si sono selezionati solo quelli ricadenti nella tipologia di località abitativa ISTAT delle case sparse. Per gli edifici selezionati è stata calcolata la densità pesata per la superficie di ogni edificio, restituendo una mappa di densità di edificazione per km<sup>2</sup>.

Per valutare la distribuzione della popolazione a un livello di dettaglio elevato, è stata adottata una metodologia che integra i dati sugli edifici provenienti dalla CTRN e dal LPIS con i dati demografici dell'ISTAT. L'approccio impiegato mira a stimare il numero di abitanti per edificio, basandosi sul volume degli elementi edilizi. Per migliorare l'accuratezza della stima, sono stati applicati filtri specifici sul database degli edifici, escludendo i ruderi, i monumenti e gli edifici con una superficie inferiore ai 28 m<sup>2</sup>, poiché tale superficie rappresenta la soglia di abitabilità. Inoltre, è stato introdotto un ulteriore filtro per escludere macrostrutture di dimensioni superiori a 10.000 m<sup>2</sup>, poiché è improbabile che queste siano utilizzate a scopo residenziale, soprattutto in contesti extraurbani. L'accuratezza del modello è stata ulteriormente affinata utilizzando i dati di uso del suolo del LPIS, che categorizzano gli edifici in base alla loro destinazione d'uso. In particolare, le classi "Serre" e "Stalle e Fabbricati ad uso zootecnico" sono state impiegate per escludere edifici accessori legati all'attività agricola e privi di funzione residenziale. Poiché un numero significativo di edifici è risultato privo del dato di altezza, si è attribuito il valore di altezza media calcolata per ogni comune. Conoscendo altezza e superfici degli edifici, si è calcolato il volume ed utilizzando il dato di popolazione ISTAT, è stata distribuita la popolazione proporzionalmente al volume negli edifici per ogni comune. Infine, è stata calcolata la densità di popolazione al km<sup>2</sup>. Le analisi sono state condotte utilizzando QGIS 3.16 (QGIS Development Team, 2024) e Rstudio (RStudio Team, 2015).

Gli indicatori sono stati fuzzificati, per la densità di popolazione è stato posto un valore soglia di 150 abitanti/km<sup>2</sup>, mentre per il grado di edificazione non si è definita una soglia.

Questi due indicatori sono stati sommati, ottenendo l'indice demografico e di edificazione con la seguente relazione:

$$IDE = Dp + Ge$$

Dove con IDE è indicato l'indice demografico e di edificazione, Dp rappresenta la densità di popolazione fuzzy e Ge è il grado di edificazione fuzzy.

### 3.1.2.2 Indice di accessibilità (I<sub>ac</sub>)

L'indice di accessibilità è stato sviluppato per valutare l'isolamento dei luoghi rispetto a servizi considerati essenziali, quali ospedali, scuole e centri degli insediamenti. Questo indice tiene conto anche del grado di presenza delle infrastrutture viarie su gomma. Per valutare l'isolamento, si è deciso di utilizzare la distanza temporale anziché la distanza lineare dai servizi. Questa scelta è motivata dal fatto che ogni strada, pur avendo la stessa lunghezza, è

percorribile a velocità diverse, con conseguenti variazioni significative nei tempi di percorrenza. Per calcolare gli indicatori di accessibilità, è stato utilizzato il grafo stradale OSM, dotato di informazioni sulle velocità di percorrenza, insieme ai dati vettoriali puntuali che localizzano i servizi. Le elaborazioni sono state effettuate utilizzando il plug-in QGIS Network Analysis Toolbox 3 (QNEAT3) (Raffler, 2018), che consente di produrre mappe delle isocrone. Queste mappe consentono di individuare, a partire da punti sorgente (es. i servizi), le aree raggiungibili entro lo stesso tempo. Gli indicatori di accessibilità sono espressi in minuti e indicano il tempo necessario per raggiungere i principali servizi. Per valutare il grado di infrastrutturazione, è stato prodotto un indicatore di densità lineare di strade per km<sup>2</sup>.

Gli indicatori prodotti sono stati successivamente resi fuzzy. L'unico dato per il quale è stata definita una soglia riguarda l'accessibilità agli ospedali, basata sul DPR del 27 marzo 1992 (Presidenza del Consiglio dei Ministri, 1992). Questo decreto stabilisce che il soccorso sanitario primario deve essere erogato entro un periodo massimo di 8 minuti per interventi in area urbana e 20 minuti per le zone extra-urbane, salvo particolari situazioni di complessità orografica. Pertanto, sono state adottate soglie di 8 e 20 minuti.

Per l'ottenimento dell'indice di accessibilità, si sono combinati gli strati con la seguente relazione:

$$I_{Ac} = Acc_H + Acc_{IS} + Acc_{Ca} - Gi$$

Dove con  $Acc_H$  si indica l'accessibilità degli ospedali, con  $Acc_{IS}$  indica l'accessibilità alle strutture scolastiche,  $Acc_{Ca}$  è il grado di accessibilità ai centri urbani e  $Gi$  è il grado di infrastrutturazione.

### 3.1.2.3 Indice di Ruralità (IR)

L'indice di ruralità (IR) è stato ottenuto tramite la MCA non pesata degli indici e indicatori prodotti, inoltre con la BO sono stati posti uguale a 0 i valori delle aree corrispondenti ai centri urbani. La formula per l'ottenimento di tale indice viene di seguito riportata:

$$IR = (I_{de} + I_{Ac} + Sl) * Cu$$

Dove IR è l'indice di ruralità, IDE è l'indice di demografia ed edificazione IAc è l'indice di accessibilità e Sl corrisponde all'indicatore della morfologia. L'indice prodotto è stato normalizzato attribuendo dei valori che vanno da 0 a 1. Trattandosi di un indice originale, non sono presenti in bibliografia dei range di valori di soglia utili alla definizione di classi; quindi, per suddividere il dato in classi omogenee si è valutata la distribuzione di frequenza dei valori e si applicata una suddivisione tramite l'impiego dei quartili.

### 3.1.3 Risultati

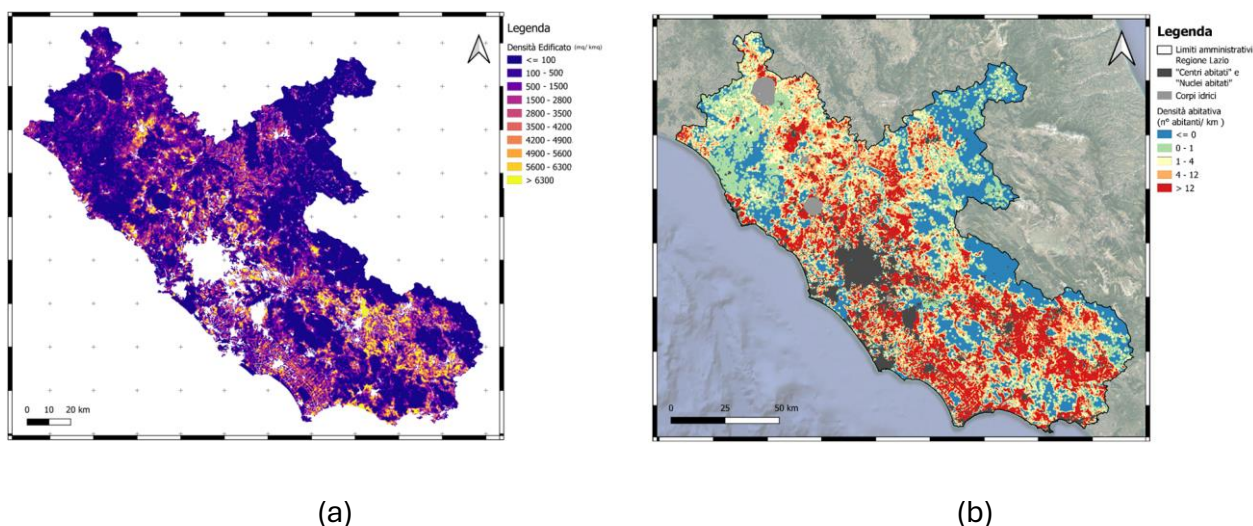
Di seguito sono presentati i risultati dello studio condotto per la definizione della Ruralità del territorio agricolo. I risultati sono suddivisi in tre paragrafi:

- Interpretazione dell'IDE: questo indice permette di analizzare il diverso grado di infrastrutturazione dell'area di studio e il relativo livello demografico;

- Interpretazione dell'indice di accessibilità: In questo paragrafo si evidenzia quanto il territorio è isolato rispetto ai principali servizi necessari per l'instaurazione ed il mantenimento della popolazione nei luoghi;
- Valutazione dell'indice di Ruralità: Fattore importante è che l'indice di ruralità non esprime un valore crescente di ruralità, ma consente di evidenziare dei diversi pattern di ruralità nel territorio, consentendo ai *policy-maker* di prevedere anche delle gestioni differenziate.

### 3.1.3.1 Valutazione dell'Indice Demografico e di Edificazione

In Figura 34 si riportano gli indicatori calcolati per l'ottenimento dell'indice demografico e di edificazione. Dall'osservazione della densità di edificazione si osserva come nella regione Lazio, il fenomeno dello *sprawl* sia fortemente differenziato nelle diverse province. Tra le province in cui è maggiormente concentrato lo *sprawl* si osserva Roma, Latina e Frosinone. Queste tre province hanno un valore medio dell'indice rispettivamente di  $3597 \text{ m}^2/\text{km}^2$ ,  $3614 \text{ m}^2/\text{km}^2$  e  $3863 \text{ m}^2/\text{km}^2$ . Invece le province di Viterbo e Rieti vedono una diffusione dell'edificato diffuso molto più contenuta e concentrata. In particolare, la Tuscia ha un valore medio di edificazione di  $1959 \text{ m}^2/\text{km}^2$ , con l'indice che raggiunge dei picchi nelle aree limitrofe al capoluogo e alle cittadine di più grandi dimensioni. La provincia meno edificata è quella di Rieti con solamente  $1450 \text{ m}^2/\text{km}^2$ . Questo è sicuramente dovuto alla morfologia del territorio. Ulteriore aspetto fortemente legato all'edificazione in aree extraurbane è la demografia. Infatti, osservando la densità di popolazione, risulta che le province di Viterbo e Rieti presentano un valore medio dell'indice solamente di 4.9 e  $3.4 \text{ ab}/\text{km}^2$ . Questi valori crescono molto per le altre province raggiungendo il valore di  $14.6 \text{ ab}/\text{km}^2$  per la provincia di Latina.

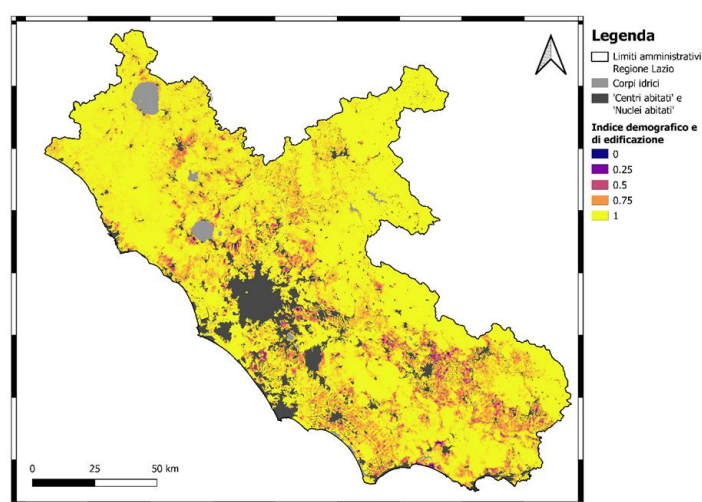


**Figura 34** Con la a) si indica l'Indice demografico. Con la b) si mostra l'indice di edificazione

Dalla combinazione dei due indicatori è stato ottenuto l'indice demografico e di edificazione (Figura 35). L'indice ottenuto ha valori compresi tra 0 e 1, con i valori prossimi allo 0 che



indicano aree più edificate e con alta demografia, mentre le aree con valore 1 indicano aree con scarsamente edificate e popolate. Dalla valutazione della distribuzione di frequenza del dato, si evince come il 99.5% dei pixels abbia un valore dell'indice superiore a 0.5. Questo suggerisce che la scarsa variabilità dell'indice comporterà una scarsa influenza nella definizione dell'indice di ruralità. Tutte le province presentano un valore medio dell'indice molto alto, con il valore minimo di 0.92 osservato per Frosinone e il valore massimo osservato per Rieti con 0.98.



**Figura 35** Indice demografico e di edificazione

### 3.1.3.2 Valutazione dell'indice di accessibilità

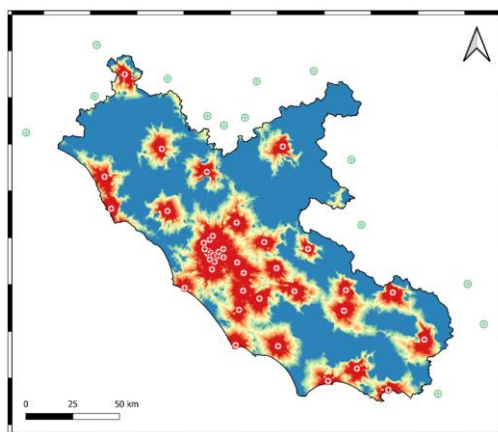
Nella Figura 35 sono riportati gli indicatori utilizzati per il calcolo dell'indice di accessibilità. Il primo indicatore considerato è la densità delle infrastrutture viarie (Figura 35d). Dalla mappa si riscontra che il territorio dell'area di studio presenta una buona infrastrutturazione, con valori più bassi solamente nelle aree montane. La più alta infrastrutturazione si riscontra in provincia di Roma con un valore medio di  $2700 \text{ km/km}^2$  di strade, mentre la provincia meno infrastrutturata è quella di Viterbo con un valore medio di  $1348 \text{ km/km}^2$ .

Dall'osservazione della mappa di accessibilità degli ospedali (Figura 36a), si osserva come una grossa parte del territorio regionale sia distante più di 20 minuti da un ospedale. Questo è legato ad una scarsa numerosità degli ospedali in alcune province Laziali. In particolare, dal censimento sono state individuate un totale di 42 delle strutture ospedaliere, 29 situate in provincia di Roma, 1 nella provincia di Rieti e 4 nelle province di Latina, Frosinone e Viterbo. Considerando gli ospedali entro i 20 km dai confini regionali, il numero di ospedali accessibili sale a 56. La diffusione sul territorio degli ospedali si ripercuote sull'accessibilità degli stessi; infatti, in media nelle aree rurali della provincia di Roma sono necessari 16 minuti per raggiungere un pronto soccorso, nelle Province di Viterbo e Frosinone servono rispettivamente 21 e 22 minuti e nella Provincia di Rieti servono in media 31 minuti. Nonostante Latina presenti

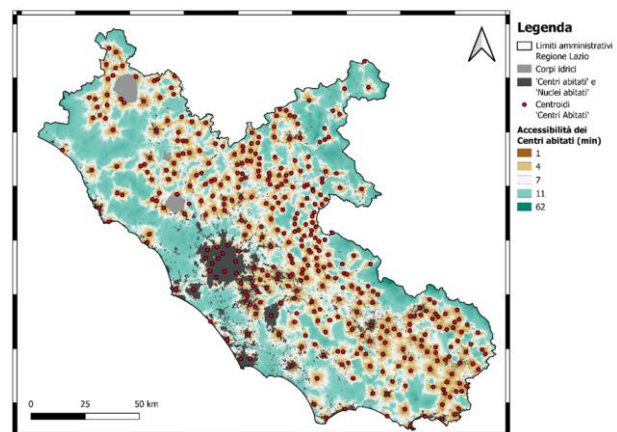
lo stesso numero di ospedali di Viterbo e Frosinone, la migliore presenza delle infrastrutture viarie consente di arrivare in un presidio ospedaliero in 17 minuti.

L'accessibilità al servizio scolastico superiore di secondo grado (Figura 36c) risulta simile per le province di Roma, Latina Frosinone e Viterbo con un tempo di viaggio simulato di 13 minuti (Dev.st. =1.5 min). Invece, per raggiungere un'infrastruttura scolastica superiore di secondo grado, in provincia di Rieti sono necessari 23 minuti. Questo risultato può essere spiegato anche dalla numerosità di istituti scolastici. La provincia di Rieti dispone solamente di 20 istituti scolastici, di cui 13 concentrati nel comune di Rieti. La provincia di Roma vede ben 261 scuole, fortemente concentrate nella capitale, ma comunque ben distribuite sul territorio. In provincia di Frosinone sono presenti 54 istituti scolastici, mentre in provincia di Latina solo 44, principalmente polarizzati nel comune di Latina e Gaeta e Formia. La provincia di Viterbo ha solo 28 scuole, ma sono distribuite sul territorio con una concentrazione nel comune di Viterbo e Civita Castellana.

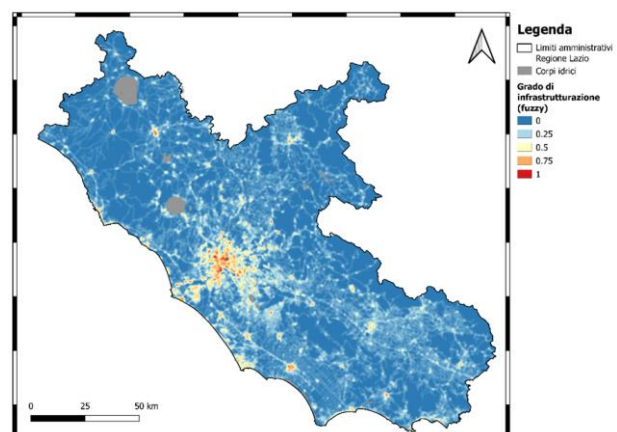
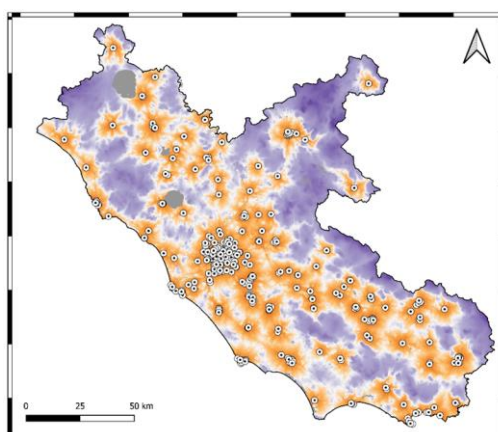
L'accessibilità dei centri abitati (Figura 36 b), e quindi di alcuni servizi essenziali, è in media inferiore ai 10 minuti per tutta la regione. Questo è un risultato atteso vista la numerosità (393) e la distribuzione degli insediamenti urbani nel territorio.



(a)



(b)



---

(c)

(d)

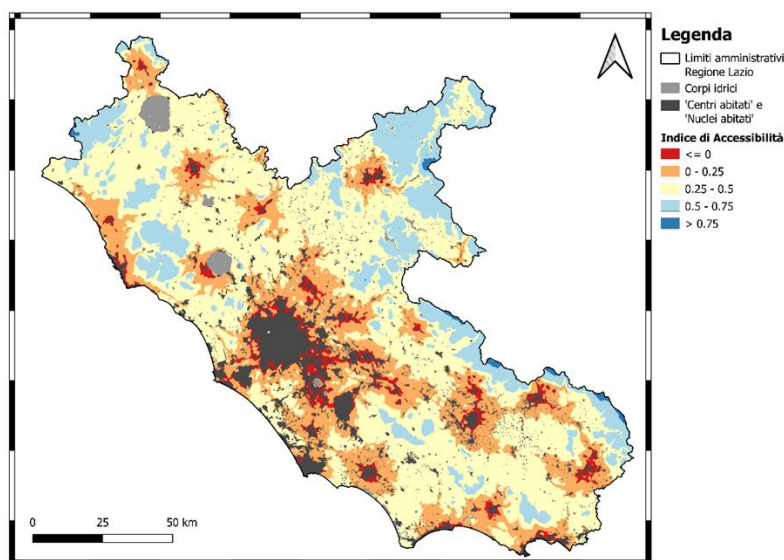
---

**Figura 36** Mappe di accessibilità: a) Strutture ospedaliere, b) Centri abitati, c) Scuole secondarie di secondo grado. La mappa d) mostra la densità delle infrastrutture viarie

---

Dalla combinazione lineare degli indicatori sopra descritti, è stato ottenuto l'indice di accessibilità (Figura 37). Tale indice assume valori da 0 a 1, esprimendo con valori prossimi allo 0 le aree meglio servite, mentre con i valori vicino ad 1 va ad intendere le aree più marginali. Dalla mappa si osserva che la maggior parte del territorio presenta valori compresi tra 0.25 e 0.5, evidenziando un'accessibilità media del territorio rurale.

---



**Figure 37** Indice di Accessibilità

---

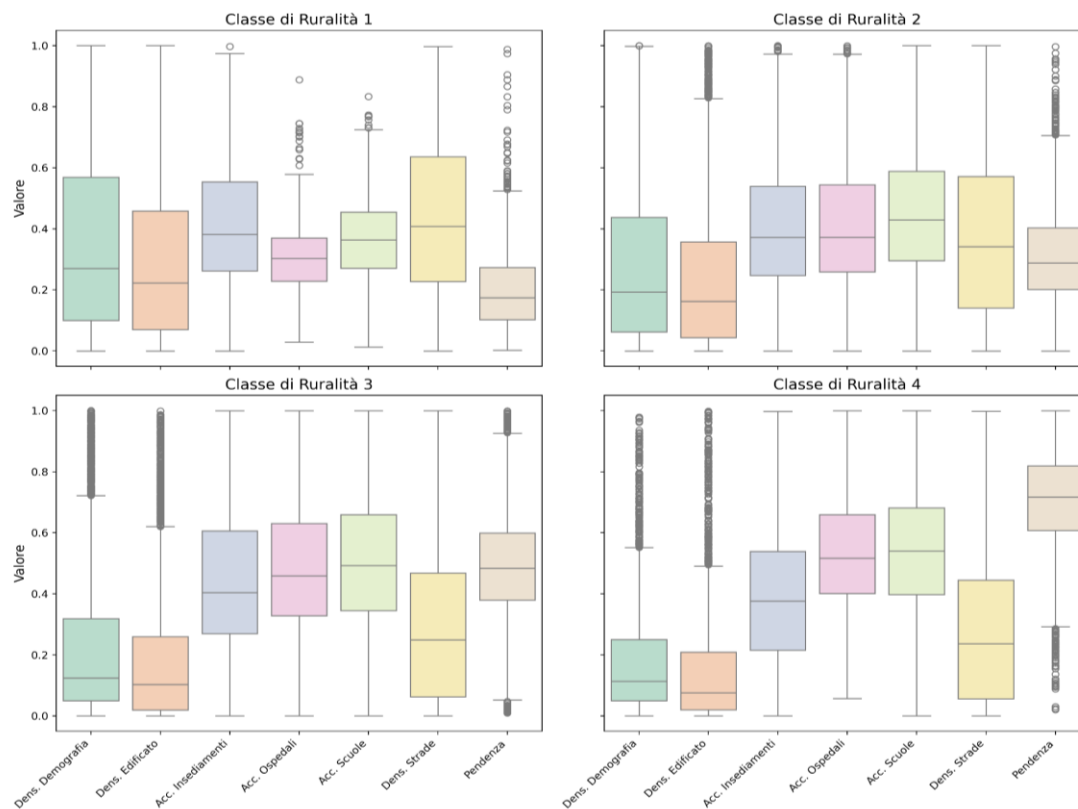
### 3.1.3.3 Valutazione dell'indice di ruralità

L'indice di ruralità è stato suddiviso in quattro classi. Le classi non sono da intendere come classi crescenti di ruralità, ma vanno a identificare una diversa connotazione della ruralità del territorio. Con il fine di attribuire una corretta nomenclatura all'indice, si sono valutate le caratteristiche degli indicatori per le classi di ruralità. Nel grafico riportato in Figura 38 sono illustrati i boxplot degli indicatori per le quattro classi di ruralità:

- La Classe di Ruralità 1: questa classe mostra le condizioni di accessibilità più favorevoli. Il tempo mediano per raggiungere un centro abitato è di 5.7 minuti, mentre per il 75% dell'area il tempo necessario per raggiungere una scuola è di 9 minuti. Per raggiungere una struttura ospedaliera, sono necessari mediamente 14 minuti. La pendenza è la più bassa tra le classi considerate, con un valore mediano di soli 5.4°. Queste caratteristiche rendono l'area particolarmente idonea all'insediamento, come evidenziato da una densità demografica più alta rispetto alle altre classi: il valore mediano è di 10 persone/km<sup>2</sup>, con il 25% dell'area che

supera i 23 abitanti per km<sup>2</sup>. In questa classe si trova anche la porzione di territorio con la maggior presenza di edifici, con una densità mediana di 4215 m<sup>2</sup>/km<sup>2</sup>, e di infrastrutture viarie, con una densità di 3305 km/km<sup>2</sup>, che raggiunge valori superiori a 4975 km/km<sup>2</sup> solo nel 25% del territorio;

- La Classe di Ruralità 2: mostra condizioni intermedie tra la Classe 1 e la Classe 3. La pendenza media è maggiore, pari a 9.1°, e l'accessibilità ai servizi è ridotta, con tempi mediani di 6 minuti per raggiungere i centri urbani, 10 minuti per le scuole e 15 minuti per le strutture ospedaliere. Questa ridotta accessibilità è associata a una minore presenza di infrastrutture viarie, con una densità mediana di 2410 km/km<sup>2</sup>, significativamente inferiore rispetto alla Classe 1. Sebbene gli indicatori non differiscano molto da quelli della Classe 1, si osserva una diminuzione della densità di popolazione, che decresce a 5 persone/km<sup>2</sup>, e della superficie edificata, con una mediana di 2177 m<sup>2</sup>/km<sup>2</sup>;
- La Classe di Ruralità 3: In questa classe, l'accessibilità ai servizi è mediamente più bassa. Il tempo mediano per raggiungere i centri abitati è di 7.5 minuti, mentre per arrivare a un istituto scolastico sono necessari 13.7 minuti. Per raggiungere un ospedale, il 50% dell'area impiega meno di 20.8 minuti, mentre il 25% impiega oltre 28 minuti. Questa situazione è probabilmente dovuta alla scarsa presenza di infrastrutture viarie, con una densità mediana di 1259 km/km<sup>2</sup>, ed a un aumento della pendenza media, che raggiunge i 13.7°. Queste condizioni influiscono negativamente sull'abitabilità dell'area: il 50% dell'area ha meno di 2 abitanti per km<sup>2</sup> e meno di 718 m<sup>2</sup>/km<sup>2</sup> di edifici;
- La Classe di Ruralità 4: Per la maggior parte degli indicatori, questa classe presenta valori mediani molto simili a quelli della Classe 3. I tempi di percorrenza per il raggiungimento dei servizi sono: 7 minuti dai centri abitati, 14 minuti per raggiungere un istituto scolastico e 21.4 minuti per un ospedale. Le infrastrutture viarie sono leggermente meno presenti rispetto alla Classe 3, con una densità di 1115 km/km<sup>2</sup>. La densità di popolazione ha valori mediani identici, mentre la densità di edificato è leggermente inferiore, con 540 m<sup>2</sup>/km<sup>2</sup>. L'elemento che differisce maggiormente è la pendenza, con un valore mediano di 20.1°.

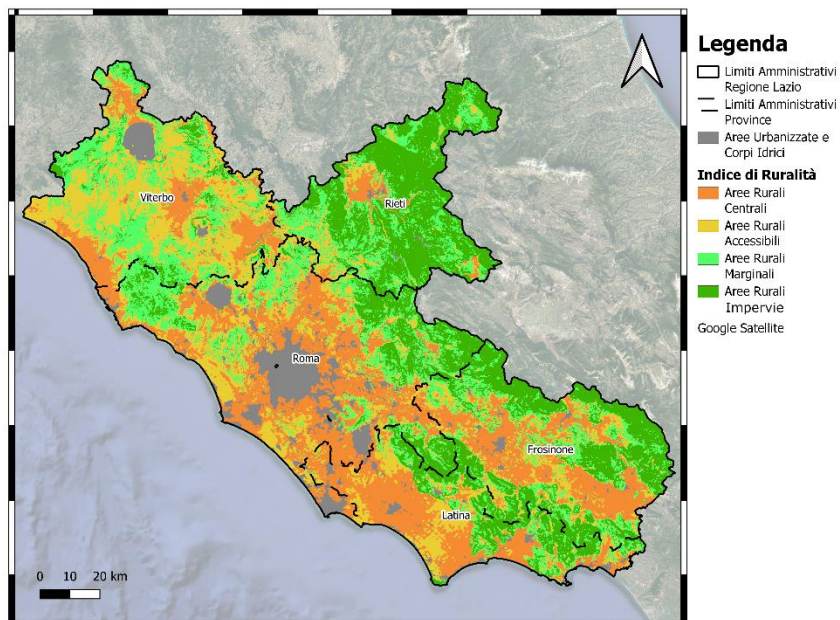


**Figura 38** Boxplot degli Indicatori utilizzati per la definizione delle classi di Ruralità

Dalla valutazione precedentemente tenuta, si sono attribuiti i seguenti nominativi alle aree rurali:

- Classe 1 - Aree Rurali Centrali: Aree con bassa marginalità, caratterizzate da un'alta accessibilità ai servizi, infrastrutture ben sviluppate e una bassa pendenza;
- Classe 2 - Aree Rurali Accessibili: Aree con marginalità moderata, caratterizzate da una buona accessibilità ai servizi, ma con una pendenza più elevata;
- Classe 3 - Aree Rurali Marginali: Aree con un grado di marginalità più elevato, dove l'accessibilità ai servizi è ridotta e la pendenza aumenta. Densità abitativa e di edificazione bassa;
- Classe 4 - Aree Rurali Impervie: Aree con alta marginalità, caratterizzate da scarsa accessibilità ai servizi, infrastrutturazione limitate ed elevata pendenza.

Dalla mappa prodotta (Figura 39) si osserva un risultato atteso: le aree pianeggianti presentano principalmente la classe di Area Rurale Centrale, mentre le aree di montagna sono principalmente classificate come Aree Rurali Impervie. Questo può essere spiegato dalla maggior semplicità di interventi realizzabili sulle aree pianeggianti e come all'aumentare della pendenza sia più difficile per l'uomo andare a svolgere le proprie attività (Jarasiunas, 2016).

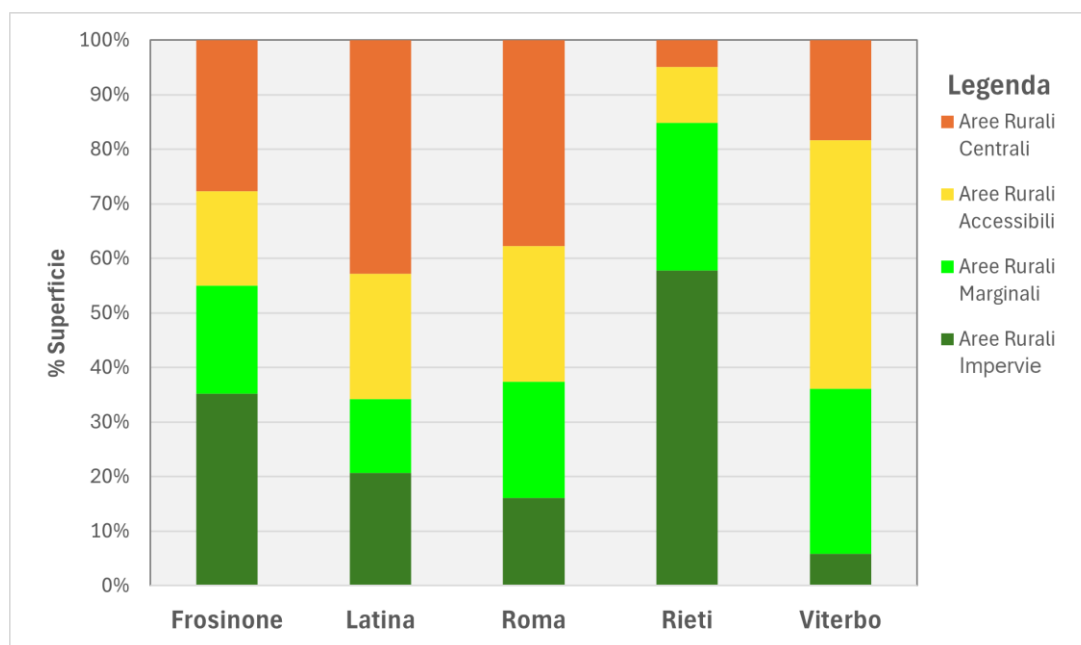


**Figure 39** Indice di Ruralità

La Figura 40 mostra la distribuzione percentuale delle classi di ruralità nelle cinque province del Lazio. Un'analisi preliminare dei dati evidenzia una chiara polarizzazione tra le aree settentrionali e meridionali della Regione. Nelle province di Viterbo e Rieti, l'incidenza delle Aree Rurali Centrali è scarsa, rispettivamente al 18% e al 5% della superficie provinciale. Al contrario, le province di Roma, Frosinone e Latina mostrano una maggiore diffusione di tali aree, con percentuali che raggiungono il 38%, 43% e 28%.

Si osserva una scarsa presenza di aree rurali accessibili in tutte le province, con l'eccezione di Viterbo, dove questa classe rappresenta il 46% del territorio provinciale. Infine, nella provincia di Rieti, si osserva una preponderanza delle Aree Rurali Impervie, che coprono oltre il 58% della superficie.





**Figura 40** Grafico a barre impilate che esprime le percentuali di classi di ruralità nelle diverse Province

### 3.1.4 Discussioni

La metodologia di calcolo della ruralità proposta è basata sull'utilizzo di dati riconducibili a tre caratteristiche socio-ambientali: la demografia, l'accessibilità e la morfologia del territorio.

La metodologia proposta si distingue per la capacità di superare i confini amministrativi tradizionali, consentendo una suddivisione del territorio in sub-unità di elevato dettaglio. Questo approccio rende l'indice di ruralità adattabile a diverse scale e contesti geografici, permettendo una valutazione precisa delle specificità territoriali. Per garantire la replicabilità del metodo, i dati selezionati soddisfano tre criteri fondamentali: elevata risoluzione spaziale, aggiornamenti periodici e disponibilità (*dati open source*). Sebbene l'assenza di dati ad alta risoluzione possa limitare la capacità di cogliere alcune peculiarità locali, l'indice di ruralità consente comunque una valutazione affidabile dello stato del territorio, anche se con una capacità analitica ridotta. Inoltre, il mancato aggiornamento del dato di input, consente una valutazione statica della ruralità del territorio, impedendo di monitorare i processi in atto.

Per tentare di superare queste limitazioni la metodologia è stata sviluppata utilizzando dataset semplici e prodotti da fonti ufficiali.

Valutando l'indice di ruralità con il modello DPSIR, si riscontra che la *driving force* con maggiori effetti sulla definizione della ruralità è la pendenza. Questo è un'evidenza attesa, in quanto la morfologia del territorio, ma più in generale i caratteri ambientali quali pedologia morfologia clima ecc., guidano e condizionano fortemente l'attività antropica. Questo avviene anche quando si parla di aspetti legati all'urbanistica, quindi alla tipologia e struttura degli insediamenti e delle infrastrutture, consentendo di osservare un'organizzazione del territorio

basata proprio su quei caratteri di più difficile modificazione, ovvero i caratteri naturali. Valutando le *Driving forces* più direttamente collegate con le attività antropiche, l'infrastrutturazione dei servizi di viabilità diventa la *driving force* principale che guida la densità demografica, la presenza dei servizi e la loro l'accessibilità.

La valutazione delle pressioni consente di identificare un effetto diametralmente opposto delle *driving forces*. Come già esplicitato, la presenza di infrastrutture va a condizionare il livello demografico nei diversi territori. Tuttavia, gli estremi della demografia, quindi aree scarsamente popolate e aree a più alta densità di popolazione, generano tipologie di impatti differenti. Nel caso delle aree con più infrastrutture ed a più alta densità di popolazione, si riscontrano degli impatti positivi sulla vitalità del sistema socio-economico, sulla redditività e stabilità delle attività agricole. Tuttavia, queste aree presentano anche degli impatti negativi, ovvero, maggior il livello demografico e infrastrutturale comporta una maggiore pressione sull'ambiente, legate ad esempio ad un'agricoltura più intensiva. In opposizione a questa condizione, si collocano le aree a scarsa infrastrutturazione e scarsa demografia. Queste aree presentano attività agricole più estensive, ma la scarsa infrastrutturazione va a rappresentare una caratteristica propulsiva del processo di spopolamento e abbandono, generando un mancato presidio del territorio ed un'amplificazione dei fenomeni ad esso associati, come la perdita di habitat e la perdita di elementi culturali tradizionali ed identitari (Martínez-Abraín et al., 2020).

Per il superamento degli impatti, vengono formulate delle strategie adottabili. In risposta e mitigazione degli impatti relativi alla ruralità, le proposte potrebbero riguardare una migliore allocazione delle risorse (es. Programmi di Sviluppo Rurale). Questo è reso possibile dalla nuova identificazione delle aree ottenute dall'indice di ruralità, che intercetta meglio le peculiarità territoriali anche a scala sub comunale. Un possibile intervento già promosso dal PSR riguarda il miglioramento dell'infrastrutturazione sia quelle della viabilità, ma anche il miglioramento delle connessioni virtuali. Questi interventi devono essere inseriti in un percorso circolare di valutazione delle fasi *state e impacts*, per la revisione ed aggiustamento delle strategie proposte. Come esempio si può pensare ad un incremento dell'infrastrutturazione viaria per renderla più capillare sul territorio; tuttavia, diviene necessario porre la dovuta attenzione nel guidare il processo applicativo della strategia ed evitare che una maggiore infrastrutturazione conduca all'intensificazione di impatti già presenti (es. frammentazione ambientale, perdita di biodiversità e di servizi ecosistemici).

### 3.1.5 Conclusioni

La valutazione della ruralità del territorio rappresenta ancora oggi una sfida per la definizione di politiche di sviluppo efficaci. Questo genera delle problematiche di diverso genere: politiche e programmi di sviluppo non allineati con le necessità del territorio, e uso inefficiente di risorse; Questo rende sempre più evidente che la valutazione della ruralità del territorio deve essere considerata durante i processi che portano alla definizione di programmi o di piani. La ruralità del territorio non è facile da definire, ma dalle valutazioni dell'interazione tra abitanti delle aree



rurali e le caratteristiche del territorio possono essere considerate una misurazione della ruralità.

L'obiettivo del lavoro era formulare una metodologia che consentisse di mappare la ruralità dei territori, utilizzando come caso studio la regione Lazio. Ulteriore obiettivo era fornire uno strato conoscitivo sintetico ed utile da impiegare nel processo di analisi finalizzato alla redazione del PAR.

Più specificamente, nel paragrafo viene mostrata la metodologia di definizione e calcolo dell'indice di Ruralità: la metodologia è stata applicata a un caso studio nel Lazio per verificare la sua capacità di essere utilizzato per realizzare la mappa della ruralità a scala subcomunale per la regione Lazio. La metodologia sviluppata consente di valutare la ruralità di un dato territorio in modo rigoroso e trasparente, secondo una procedura basata sull'elaborazione di dati ufficiali o derivati da essi. L'indice di ruralità prodotto rappresenta un indice oggettivo utile per identificare le aree con diverse caratteristiche di ruralità e può rappresentare un supporto per il processo di pianificazione (De Montis et al., 2014), permettendo di valutare le caratteristiche del territorio in maniera approfondita e consentendo di formulare delle strategie di sviluppo più focalizzate sulle reali necessità territoriali. Inoltre, tale indice potrà essere utilizzato per formulare delle analisi di scenario e valutare l'effetto dei diversi interventi, consentendo di effettuare un monitoraggio nel tempo.

L'applicazione del metodo all'area di studio, nell'ambito della redazione del PAR, dimostra la potenzialità di analisi dell'indice. Inoltre, la possibilità di effettuare tale valutazione utilizzando dati geografici ufficiali, disponibili o ottenibili da remoto, rappresenta un'opportunità significativa per la pianificazione territoriale su vasta scala, dove spesso i rilievi diretti risultano impraticabili a causa degli alti costi di esecuzione.

## 3.2 Struttura fondiaria

Negli ultimi decenni in Unione Europea si sono verificati dei significativi cambiamenti strutturali nel comparto agricolo. Tra gli sviluppi strutturali più rilevanti in seguito alle politiche agricole dell'UE, si osserva: la diminuzione del numero di aziende agricole, il conseguenziale aumento delle dimensioni medie delle aziende e l'intensivizzazione delle coltivazioni con aziende fortemente specializzate. Infatti, tra il 2005 e il 2020 il numero di aziende agricole nell'UE è diminuito del 37%, circa 5.3 milioni di aziende, di cui la maggior parte (87%) sono aziende di piccola dimensione (<https://ec.europa.eu/eurostat/>). Mentre da un lato il numero di aziende diminuisce, dall'altro il lento processo di riaccorpamento ha portato all'aumento della superficie media, passando da 10.9 ettari a 17.4 ettari (Popescu et al., 2016). Tuttavia tra le 9.1 milioni di aziende europee, la quota di aziende con una superficie superiore ai 5 ettari è il 63.8% e quelle con una superficie maggiore alla media Europea è solo del 18% (Neuenfeldt et al., 2019). In questo intervallo temporale la modificazione strutturale del comparto agricolo è diffusa tra tutti gli Stati Membri, tra gli stati del mediterraneo l'unica per la quale si è registrata una riduzione significativa è l'Italia (<https://ec.europa.eu/eurostat/>). In Italia, il numero delle aziende agricole è diminuito del 50%, passando da 2.4 milioni nel 2000 a 1.13 milioni nel 2020. Questa diminuzione del numero delle aziende è stata accompagnata da un aumento della dimensione media delle aziende, con un incremento da 5.5 ettari a 11.1 ettari nel 2020 (ISTAT, 2022). Anche nella regione Lazio si è verificato un forte calo del numero di aziende passando da 214.665 aziende nel 2000 a solamente 66.328 aziende nel 2020. Il calo del numero di aziende ed il riaccorpamento fondiario ha comportato un incremento della superficie media aziendale che va da 3.4 ha a 10.2 ha (ISTAT, 2022).

Le cause che hanno portato a questa ristrutturazione del comparto agricolo sono da sempre oggetto di studio, ma non è ancora stato formulato un quadro complessivo che tenga conto di tutti i fattori coinvolti (Neuenfeldt et al., 2019). Tra i fattori che possono aver influito sulla riorganizzazione ed il cambiamento strutturale del settore agricolo figurano la crescita della produttività, il progresso tecnologico, l'incremento dei costi di produzione (Filipiak and Wicki, 2021), le politiche agricole (Ben Arfa et al., 2014; Chau and de Gorter, 2005) e la competizione per l'uso dei suoli con altri settori non agricoli (Alvarez-Cuadrado and Poschke, 2011).

In particolare, la frammentazione fondiaria in Italia rappresenta un fenomeno di lunga data (Latruffe and Piet, 2014). La frammentazione fondiaria si può interpretare come la divisione di un'unica azienda agricola in appezzamenti situati in luoghi differenti (Yucer et al., 2016), ed è un concetto che vede coinvolti quattro aspetti fondamentali: il numero di appezzamenti coltivati da un'azienda, la loro dimensione, la forma di questi appezzamenti e la distanze tra di essi (Latruffe and Piet, 2014).

Questo fenomeno è associato a numerosi aspetti che influiscono sulla redditività e gestione delle aziende agricole (Aubry et al., 1998) e comporta anche degli effetti sul paesaggio.

Per quanto riguarda la scala aziendale si manifestano effetti negativi per cui diventa necessario migliorare l'organizzazione e supervisione dei processi produttivi (Di Falco et al., 2010). La frammentazione fondiaria è considerata un fattore coinvolto nella riduzione della redditività

dell'agricoltura (Gonzalez et al., 2004; Leñ, 2018; Lu et al., 2019), associata a una minore efficienza e redditività della produzione (Bradfield et al., 2021; Di Falco et al., 2010; Latruffe and Piet, 2014; Nguyen, 2017; Rahman and Rahman, 2009; Tran and Vu, 2019; Van Phan and O'Brien, 2022) rendendo più complesso il miglioramento tecnologico (Niroula and Thapa, 2005; Tan et al., 2008). I piccoli appezzamenti causano rendimenti inferiori e costi di produzione più elevati per area rispetto ai grandi appezzamenti (Latruffe and Piet, 2014; Valtiala et al., 2023), con minore efficienza nell'uso dei macchinari (Gonzalez et al., 2004; Hiironen and Riekkinen, 2016; Latruffe and Piet, 2014; Looga et al., 2018) e maggiori distanze che provocando l'aumento dei costi associati consumo di carburante (Hiironen and Niukkanen, 2014; Perujo Villanueva and Colombo, 2017). Spesso la forma irregolare aumenta il tempo di lavoro (Colombo and Perujo-Villanueva, 2018; Harasimowicz et al., 2017).

Tuttavia, la frammentazione fondiaria ha anche degli aspetti positivi. Alla scala aziendale tali aspetti sono collegati ai servizi ecosistemici, facilitando l'impollinazione delle colture e l'aumento della biodiversità (Garibaldi et al., 2016; Martin et al., 2019; Pywell et al., 2015). La maggiore diversificazione di colture contribuisce a ridurre i picchi di lavoro, dilazionando le operazioni colturali (Blarel et al., 1992). Inoltre, la dispersione degli appezzamenti permette di aumentare la sicurezza alimentare, collocando le colture in contesti geografici differenti e diminuendo il rischio avverso di eventi estremi (Blarel et al., 1992; Knippenberg et al., 2020; Ntihinyurwa et al., 2019; Rao, 2019).

Alla scala territoriale, la maggiore presenza di elementi lineari al bordo dei campi è associata a livelli maggiori di biodiversità, rappresentando dei rifugi per molte specie e dei corridoi ecologici per il movimento dell'entomofauna (Clough et al., 2020; Sirami et al., 2019). Inoltre, la maggior differenziazione colturale alla scala di paesaggio va a beneficio della fauna (Benin et al., 2004; Ciaian et al., 2018; Clough et al., 2020; Di Falco et al., 2010; Marshall and Moonen, 2002).

Per comprendere al meglio il sistema agricolo di un'area e la sua evoluzione, diventa importante conoscere e descrivere aspetti peculiari delle aziende, tra cui spiccano la distribuzione, la dimensione delle aziende, la specializzazione e la frammentazione (Thenail and Baudry, 2004). Tuttavia, queste valutazioni vengono spesso fatte utilizzando dati censiti dagli istituti statistici, che non registrano il dato georeferenziato, ma lo generalizzano alle unità amministrative esistenti (es. Comuni, Province ecc.) (Abdalla et al., 2022). La disponibilità di dati georeferenziati, corredati informazioni relative alla gestione aziendale, permette di superare questo ostacolo, producendo una descrizione puntuale del sistema agricolo studiato (Barbottin et al., 2018).

Tra le tecniche utilizzate per quantificare la frammentazione delle aziende vengono utilizzate in associazione due tipologie di indicatori (Demetriou, 2014): indicatori di frammentazione non geografici e indicatori di dispersione. Gli indicatori di frammentazione più semplici largamente impiegati sono: il numero dei corpi aziendali (Di Falco et al., 2010; Kawasaki, 2010; Latruffe and Piet, 2014; Manjunatha et al., 2013; Rahman et al., 2023; Tan et al., 2010; Wan and Cheng, 2001) le dimensione dei lotti (Rahman and Rahman, 2009; Tan et al., 2010). Altri indici sintetici

che tengono conto di numero di corpi aziendali e dimensione dei lotti sono l'indice di Simpson o l'indice di Januszewski (Januszewski, 1968; Kawasaki, 2010; Simmons, 1964). Gli indici di dispersione invece, considerando distanza tra i diversi corpi dell'azienda agricola (Kadigi et al., 2017; Latruffe and Piet, 2014; Tan et al., 2010). Per valutare la specializzazione aziendale, viene comunemente calcolata considerando gli usi del suolo dei diversi appezzamenti.

Conoscere il sistema agricolo di un'area è necessario per gestire il territorio e per progettare degli strumenti di pianificazione e strumenti politici mirati allo sviluppo del settore agricolo (Bartkowski et al., 2022).

L'obiettivo di questo lavoro è quello di caratterizzare il sistema agricolo della Regione Lazio con il fine di utilizzare le valutazioni nella redazione di uno strumento di pianificazione unico nel suo genere, il Piano Agricolo Regionale (PAR). Si è utilizzato il dato del PCG derivato dall'uso del suolo LPIS, che fornisce una copertura quasi continua e su area vasta delle aree agricole Laziali, per studiare e valutare il sistema agricolo attraverso: la valutazione della distribuzione, della specializzazione e della frammentazione delle aziende agricole. La frammentazione del territorio è stata caratterizzata utilizzando indicatori geografici e non, che tengano conto della frammentazione e della dispersione aziendale. La specializzazione aziendale è stata ottenuta valutando le diverse macroclassi di uso del suolo degli appezzamenti aziendali. Si sono selezionati tre indicatori frequentemente utilizzati per valutare la frammentazione e la dispersione: il numero di isole appartenenti a ciascuna azienda agricola (Morlon and Trouche, 2005; Piet and Cariou, 2014), la distanza standard delle aziende e l'indice di forma delle parcelle aziendali. Per valutare la specializzazione si è considerato il numero di colture per azienda e la % dell'uso del suolo prevalente. Gli indicatori hanno consentito di produrre due indici categorici con l'impiego dell'algoritmo di clustering *K-Means*, trattandosi di uno dei più efficaci per le applicazioni di pianificazione urbana e nella gestione dei terreni agricoli (Li et al., 2023; Wu et al., 2008; Zhou et al., 2022). Lo studio è organizzato come segue: la sezione successiva descrive i set di dati utilizzati e gli algoritmi impiegati. Nella Sezione 3 vengono presentati e discussi i risultati. Nell'ultima sezione vengono riportate le conclusioni.

### 3.2.1 Inventario

Nella fase di inventario per la realizzazione del presente studio, il dato utilizzato è il Piano Colturale Grafico (PCG).

#### 3.2.1.1 Piano Colturale Grafico

Il PCG è un dato vettoriale elaborato dall'Agenzia per l'Erogazione in Agricoltura (AGEA), ottenuto a partire dal sistema *LPIS* e aggiornato ogni tre anni. Il dato utilizzato si riferisce all'annualità 2018 (campagna agraria 2017-2018). L'unità elementare del PCG è la "parcella agricola", definita come una superficie appartenente a un'azienda agricola, che può essere composta da una o più particelle catastali con lo stesso uso del suolo. Al PCG sono associate numerose informazioni; ogni parcella include il Codice Unico di Azienda Agricola (CUAA) e dati agronomici, come la coltura praticata ad un alto livello di dettaglio; per questa ragione si è

effettuata un'uniformazione della legenda in conformità con il Regolamento UE 2021/2286. La conoscenza del CUAA permette di identificare le parcelle agricole che compongono le singole aziende agricole e di raggruppare le parcelle contigue in "isole". È possibile che un'azienda sia suddivisa in più isole, separate da elementi stabili del territorio che rappresentano discontinuità nelle superfici aziendali, influenzando così la gestione e le pratiche colturali. Tuttavia, il PCG riporta solamente le aziende "attive", cioè quelle che esercitano un'attività agricola professionale e che presentano domanda di aiuto nell'ambito della Politica Agricola Comune (PAC), come regolamentato dall'Unione Europea. Dal database restano escluse due categorie aziendali specifiche: quelle impegnate in attività agricole non professionali o hobbistiche e quelle professionali che non accedono ai fondi comunitari nonostante siano attive.

### 3.2.2 Analisi

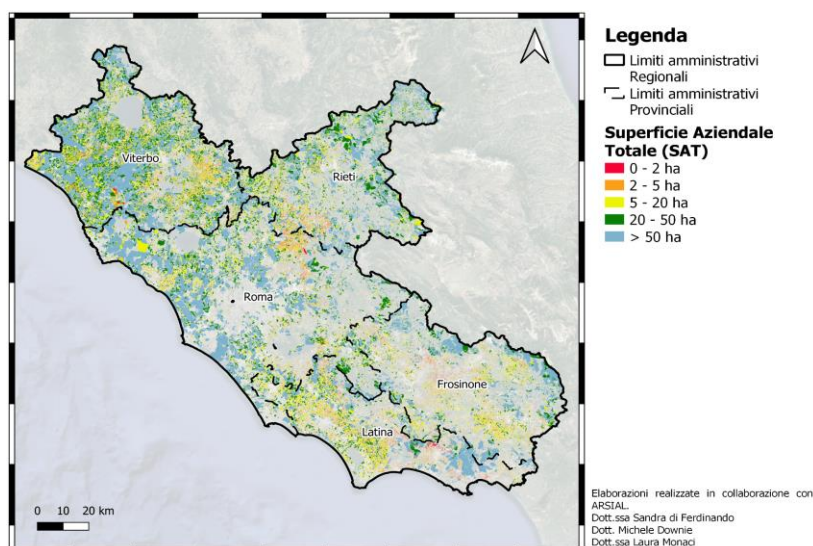
Per analizzare il sistema produttivo e la struttura fondiaria si sono analizzati con il GIS le informazioni presenti nel PCG, analizzandoli statisticamente con il software R. Gli step seguiti sono i presenti:

- Produzione indicatori relativi alla dimensione, locazione, dispersione delle Aziende agricole, per poterle caratterizzare;
- Classificazione non supervisionata con algoritmo di *clustering K-means* per la classificazione delle aziende;

#### 3.2.2.1 Indicatori

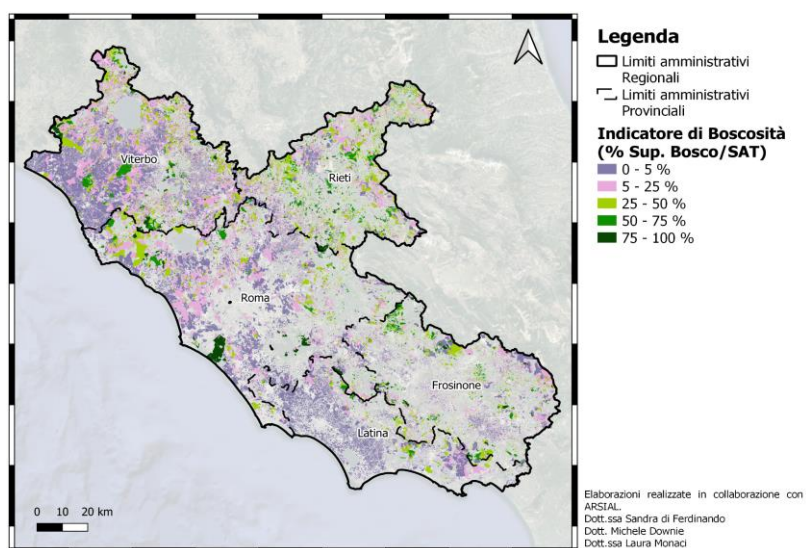
Gli indicatori prodotti sono finalizzati alla caratterizzazione delle aziende agricole contenute nel PCG. Gli indicatori, calcolati per ogni azienda agricola, consentono di valutare diversi aspetti del comparto produttivo; gli indicatori selezionati sono:

- Superficie Agricola Utilizzata (SAU): è il totale delle superfici coltivate dall'azienda agricola;
- Superficie Agricola Totale (SAT) (Figura 41): costituita dalla SAU e dagli altri terreni agricoli (superfici agricole non utilizzate, superfici boscate e altre superfici non classificate altrove). Permette la lettura delle dimensioni complessive delle aziende, analogamente alla SAU, ma estesa alle superfici non agricole;



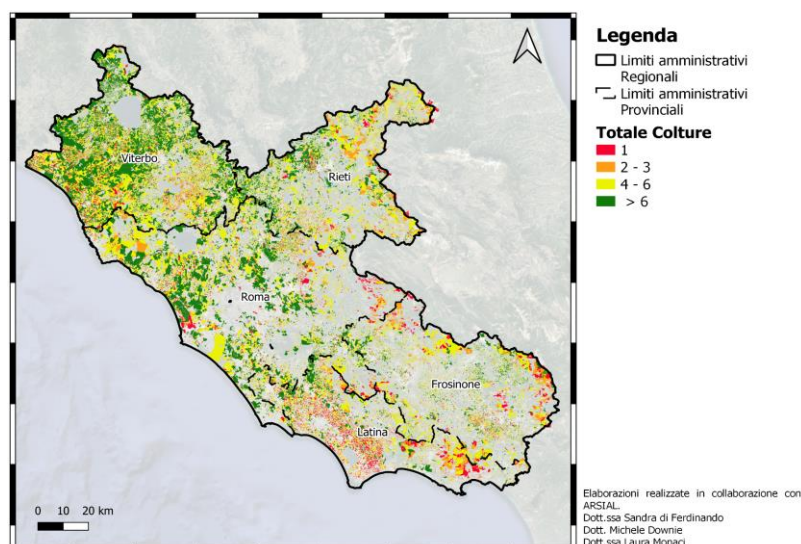
**Figura 41** Suddivisione delle aziende agricole del PCG per classe di SAT

- Indicatore di boscosità (Figura 42): è il rapporto percentuale tra la superficie aziendale coperta da boschi e la superficie aziendale complessiva (SAT);



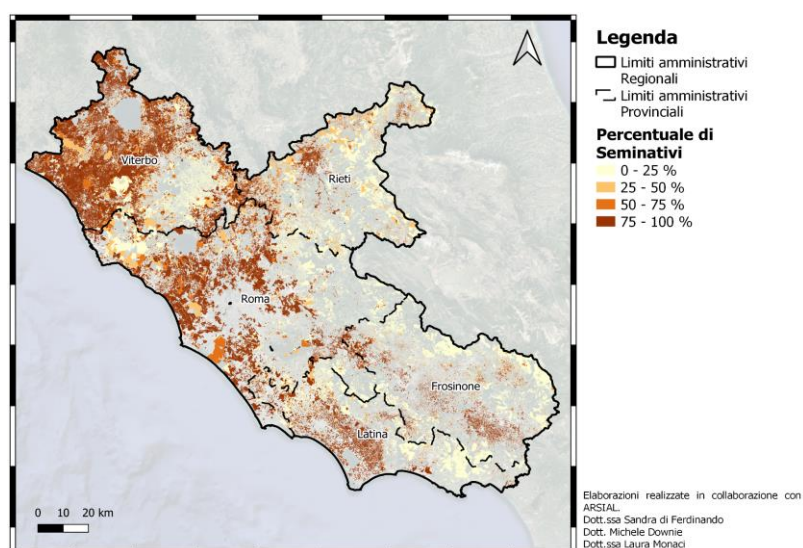
**Figura 42** Suddivisione delle aziende agricole del PCG per classi dell'Indicatore di Boscosità

- Diversificazione culturale aziendale (Figura 43): esprime il numero di usi del suolo agricoli presenti nell'azienda. L'indicatore è calcolato utilizzando il 4° livello della legenda del PCG;



**Figura 43** Suddivisione delle aziende agricole del PCG per classi di diversificazione colturale

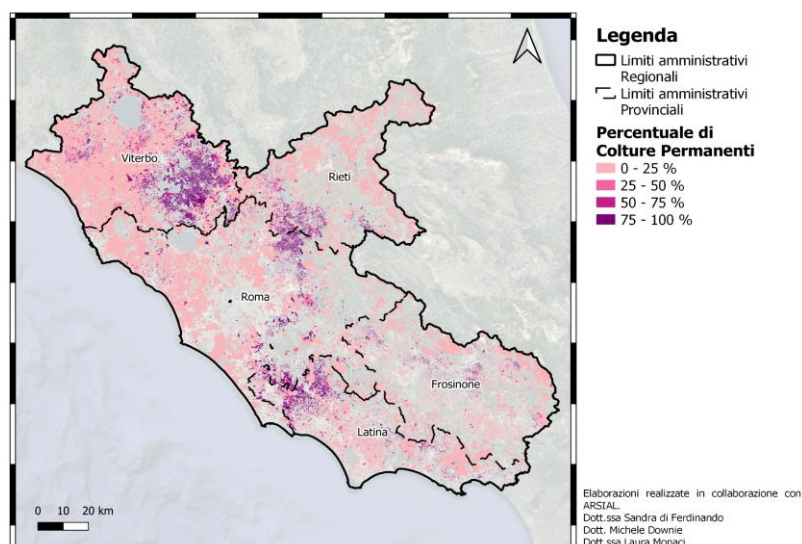
- Percentuale di seminativi (Figura 44): Esprime la percentuale di superficie di seminativi rispetto alla SAU. Questo indicatore è calcolato utilizzando il 2° livello della legenda del PCG;



**Figura 44** Suddivisione delle aziende agricole del PCG per intervalli di % seminativi su SAU

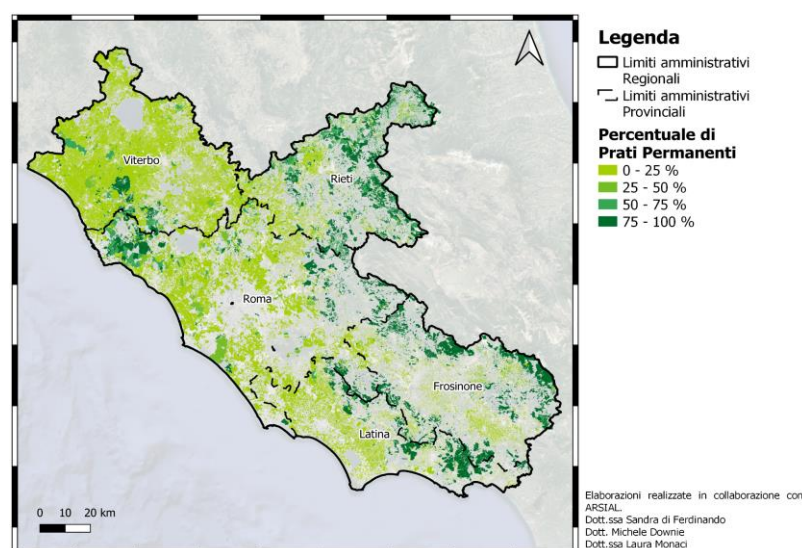
- Percentuale di Colture permanenti (Figure 45): Esprime la percentuale di superficie di colture permanenti rispetto alla SAU. Questo indicatore è calcolato utilizzando il 2° livello della legenda del PCG;





**Figura 45** Suddivisione delle aziende agricole del PCG per intervalli di % Colture Permanenti su SAU

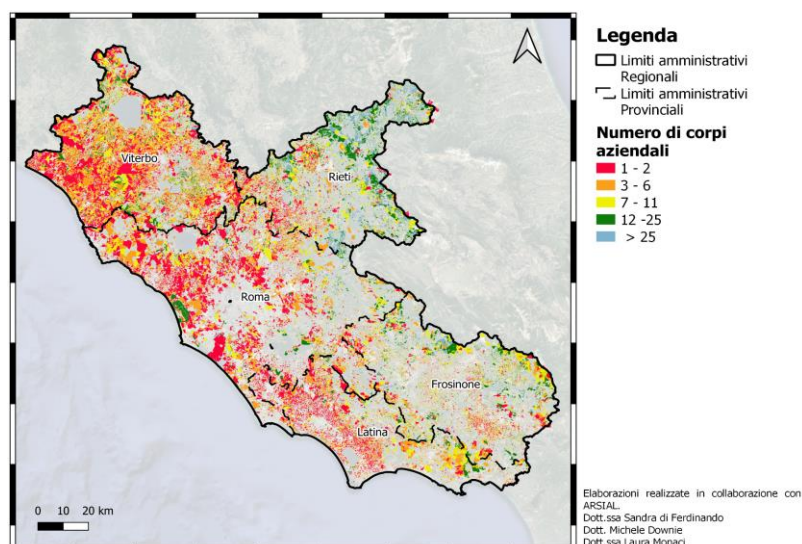
- Percentuale di prati permanenti (Figura 46): Esprime la percentuale di superficie di prati permanenti rispetto alla SAU. Questo indicatore è calcolato utilizzando il 2° livello della legenda del PCG;



**Figura 46** Suddivisione delle aziende agricole del PCG per intervalli di % Prati Permanenti su SAU

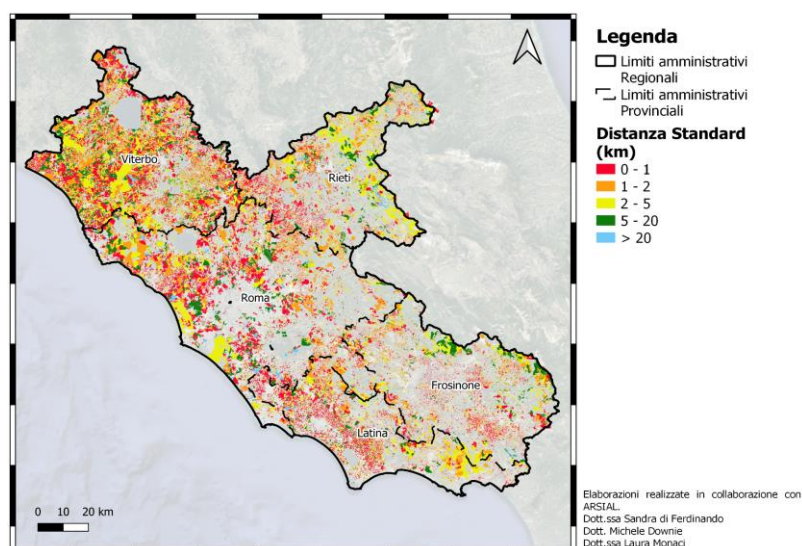
- Numero dei corpi aziendali (Figura 47): fornisce il conteggio del numero di isole che appartengono ad un'azienda;





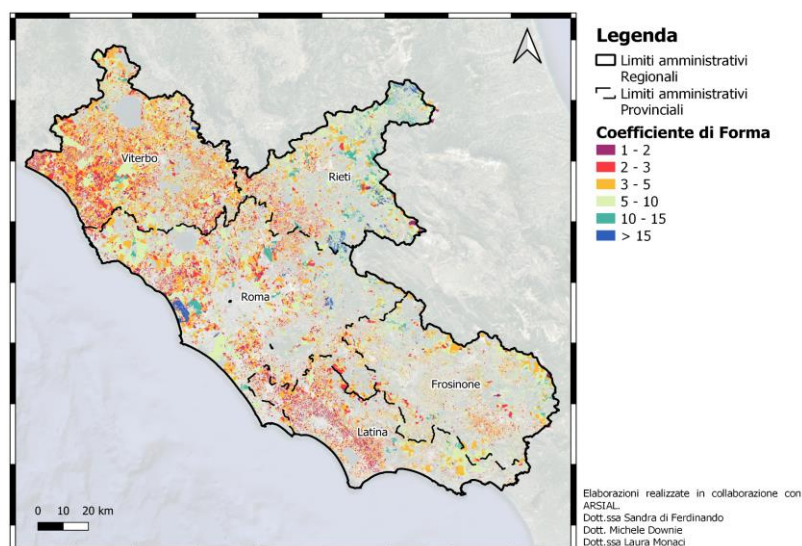
**Figura 47** Suddivisione delle aziende agricole del PCG per numero di corpi aziendali

- Distanza standard (Figura 48): esprime la lunghezza del raggio del cerchio che ha come centro il baricentro dell'arcipelago aziendale e che include 2/3 della SAT aziendale;



**Figura 48** Suddivisione delle aziende agricole del PCG per classi di distanza standard

- Coefficiente di forma aziendale (Crowley, 1989; Lang and Blaschke, 2007) (Figura 49): tipicamente applicato alle singole parcelle, valuta i rapporti tra area e perimetro, la distanza minima e massima tra confini opposti, e il grado di frattalità, che può essere misurato dal numero dei vertici perimetrali o dalla complessità della forma geometrica. Applicando questo coefficiente all'intero arcipelago aziendale, considerando quindi le geometrie delle varie parcelle aziendali, è possibile distinguere tra corpi aziendali più compatti e quelli più frammentati, in base alla loro effettiva suddivisione in parcelle.

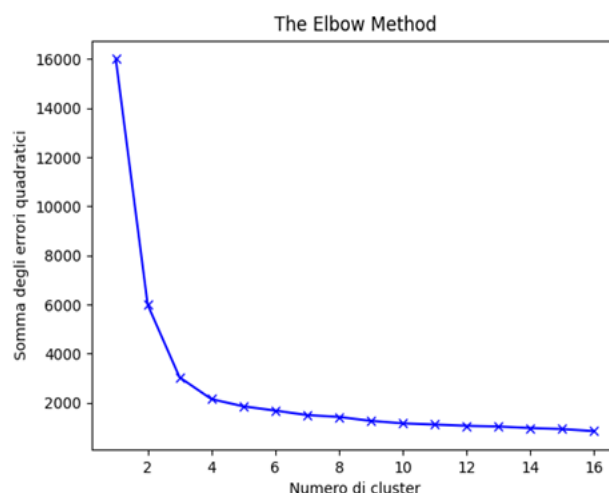


**Figura 49** Suddivisione delle aziende agricole del PCG per classi di coefficiente di forma

Le elaborazioni per la realizzazione degli indicatori sono state condotte con QGIS 3.16 (QGIS Development Team, 2024). Si è analizzata la correlazione tra gli indicatori, utilizzando la correlazione di Spearman realizzata in R studio (RStudio Team, 2015).

### 3.2.2.2 Cluster Analysis

Per classificare le aziende agricole in base alle loro caratteristiche dimensionali e gestionali, è stato impiegato un metodo di classificazione non supervisionata *object-based*. Questa scelta è motivata dall'assenza in letteratura di tipologie definite di aziende agricole, oltre alla mancanza di conoscenze sul numero di tipologie esistenti. L'analisi dei cluster è una serie di procedure statistiche che permette di identificare una struttura all'interno di un insieme complesso di dati, raggruppandoli in cluster. Le aziende agricole all'interno di ciascun cluster mostrano una certa somiglianza (omogeneità) secondo diverse variabili, mentre i cluster stessi sono relativamente distinti tra loro (eterogeneità). Le variabili considerate includono indicatori relativi al profilo agricolo e alla dispersione calcolati per ogni azienda. L'algoritmo di *cluster analysis* adottato è il K-means, il quale permette di identificare i cluster ottimali minimizzando la somma degli errori quadratici degli indicatori attraverso tutti i cluster K. Dato che l'errore quadratico diminuisce con l'aumento del numero di cluster, esso può essere minimizzato solo per un numero predeterminato di cluster (Jain, 2010; Nainggolan et al., 2019). Un aspetto cruciale è la definizione del numero di cluster prodotti dall'analisi. Per stabilire tale numero è stato utilizzato il metodo del gomito (*elbow method*) (Nainggolan et al., 2019). Questo metodo itera l'algoritmo per un numero crescente di classi, calcolando per ogni iterazione la somma degli errori quadratici tra il centroide dei cluster e i punti appartenenti a quel cluster. Il grafico risultante assume una forma simile a un gomito (Figura 50), e il punto in cui la variazione inizia a ridursi drasticamente viene spesso scelto come il numero ottimale di cluster.



**Figura 50** Esempio di metodo del gomito per l'identificazione del numero di classi

La *cluster analysis* è stata impiegata per produrre due differenti aggregazioni: il profilo agricolo e le tipologie di dispersione aziendale. Per la valutazione del profilo agricolo, il dataset è stato dapprima suddiviso in cinque gruppi in base alla SAT (range: 0-2 ha = piccola, 2-5 ha = medio piccola, 5-20 ha = media, 20-50 ha = medio grande, >50 ha = grande). Questa suddivisione consente di ridurre l'effetto degli *outliers* e imporre a priori la discriminazione delle aziende in base alle loro dimensioni enfatizzando altre caratteristiche delle aziende. Invece, le tipologie di dispersione aziendale sono state calcolate su tutto il dataset.

In questo studio, è stata utilizzata l'algoritmo *K-means* del pacchetto RStoolbox di Rstudio (Leutner et al., 2024).

### 3.2.3 Risultati

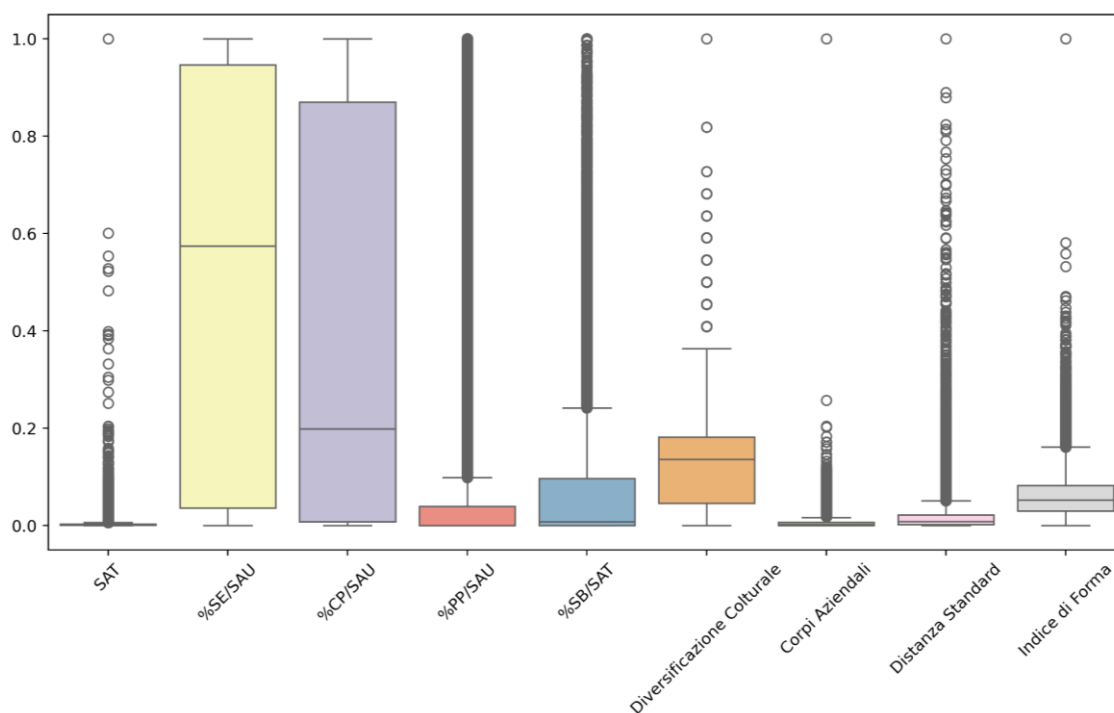
In questa sezione vengono riportati i risultati dello studio condotto. La sezione viene suddivisa in due argomenti principali:

- Valutazione degli indicatori delle aziende: La prima parte di questa sezione è focalizzata sulla valutazione della distribuzione delle aziende in base agli indicatori prodotti nel territorio laziale. La valutazione riguarda l'intero territorio e la distribuzione nelle cinque province del Lazio (Roma, Latina, Frosinone, Rieti e Viterbo);
- Classificazione delle Aziende: in questa parte vengono mostrati i cluster aziendali individuati con l'analisi *K-means*.

#### 3.2.3.1 Valutazione degli indicatori aziendali

Nella Regione Lazio sono state individuate 39000 aziende attive; per caratterizzarle si riporta la valutazione della distribuzione degli indicatori per l'intera regione. In Figura 51 è riportato il boxplot relativo agli indicatori calcolati per le aziende agricole nell'area di studio. Per rendere confrontabili le unità di misura dei diversi indicatori, i dati sono stati normalizzati. Dal boxplot

si riscontra un'importante variabilità degli indicatori, per tale ragione si è utilizzata la mediana per commentare il grafico. La SAT delle aziende presenta una distribuzione di frequenza con una forte asimmetria positiva, questo indica che la SAT mediana è di piccole dimensioni (5,05 ha). Dall'analisi descrittiva condotta, emerge che il 75% di aziende ha una dimensione inferiore a 12,5 ha e solamente un 5% ha una SAT superiore a 62,7 ha. Si riscontrano numerosi outlier, a testimonianza della presenza di aziende con dimensioni molto superiori a 62 ha. Dalla valutazione della percentuale di seminativi si osserva una distribuzione dei dati con un'alta dispersione, suggerendo una forte variabilità anche nella gestione e specializzazione aziendale. Risulta che metà delle aziende laziali investono la loro superficie agricola in seminativi per meno del 54,5%, mentre solo il 25% delle aziende coltiva più del 94,6% della sua superficie in seminativi. Valutando la distribuzione della percentuale di colture permanenti su SAU, si osserva anche in questo caso un'ampia dispersione del dato con un'asimmetria positiva. L'analisi indica che il 50% delle aziende pratica un'agricoltura non è specializzata nelle colture permanenti. La percentuale di prati permanenti su SAU, mostra una forte concentrazione del dato, infatti la mediana ha valore 0%, mentre il 3 quartile ha valore pari a 3,9%. Dall'analisi del boxplot risulta che le aziende coinvolte nella coltivazione di prati permanenti sono poche e specializzate, rappresentando gli outlier. Questo comportamento si ravvisa anche per l'indicatore di boscosità, in questo caso il valore mediano è di 0,79%, ma la presenza di numerosi outlier suggerisce la presenza di una percentuale infinitesima di aziende ad indirizzo forestale. L'indicatore diversificazione colturale presenta una buona concentrazione, con un valore mediano di 4 colture per azienda. Solo per il 25% delle aziende si ravvisa un numero di colture superiori o uguale a 5. Per quanto riguarda il numero di corpi aziendali, il boxplot è fortemente schiacciato verso il basso, con il numero mediano di corpi aziendali pari a 2 e solamente il 5% (95° percentile) delle aziende con più di 11 corpi aziendali. Anche la distanza standard presenta una distribuzione asimmetrica positiva, con il 25% delle aziende con una distanza di 164 metri, il valore mediano è di 707 metri, indicando che numerose aziende hanno i corpi aziendali distanziati tra loro. L'ultimo indicatore valutato è l'indice di forma. Questo indice presenta una buona concentrazione del dato, con il 50% delle aziende che ha valore inferiore a 2,9 indicando un grado di dispersione contenuto, mentre il 25% delle aziende (valori maggiori del 3 quartile) presenta un valore dell'indice superiore a 3,9, indicando una dispersione aziendale di maggiore entità.



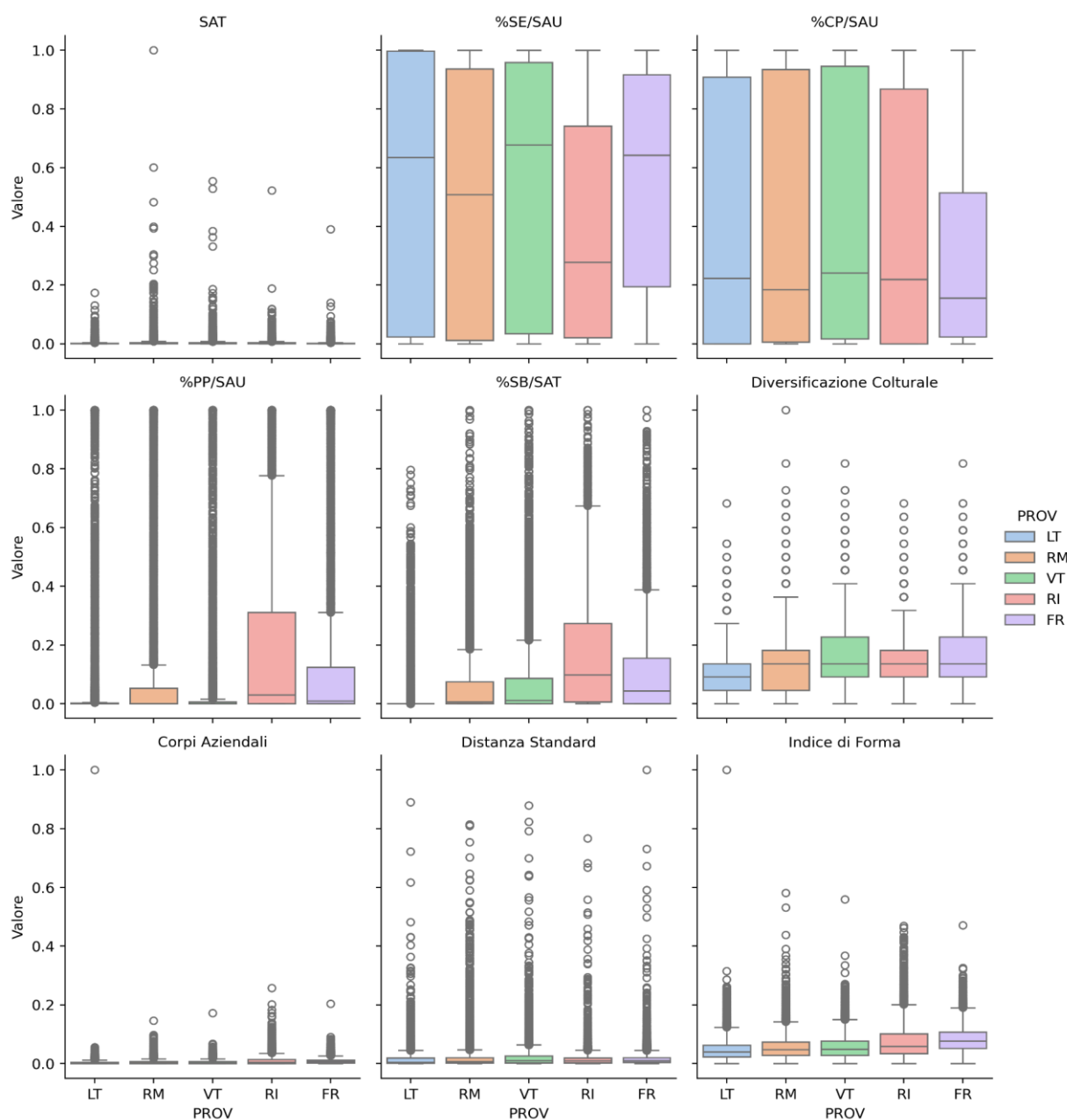
**Figura 51** Boxplot riportante la distribuzione degli indicatori calcolati su tutta la regione

Nel valutare la distribuzione delle aziende agricole nelle province del Lazio, Viterbo emerge con il maggior numero di aziende (12.651), seguita da Roma (8.342), Latina (7.680), Frosinone (6.847) e Rieti (4.904). Nel boxplot in Figura 52, vengono presentati gli indicatori calcolati per le province del Lazio. I dati mostrano che non ci sono differenze significative nella SAT tra le province, con una media delle mediane di 5,3 ettari e una deviazione standard di 1 ettaro. Solo il 25% delle aziende a Frosinone e Latina supera rispettivamente gli 8,3 e 8 ettari, mentre a Roma, Viterbo e Rieti il 25% delle aziende ha dimensioni superiori rispettivamente a 17,4, 15,9 e 15,5 ettari.

Per quanto riguarda i seminativi, c'è una grande dispersione dei dati per tutte le province. Latina presenta una mediana del 63,5%, mentre a Roma il 25% delle aziende investe più del 93,6% della superficie in seminativi. Viterbo mostra un'alta diffusione dei seminativi (mediana 67,7%), mentre Rieti presenta il valore mediano più basso (27,8%). A Frosinone, la mediana è del 64,3% con il 25% delle aziende che supera il 91,7%.

L'indicatore delle colture permanenti su SAU è simile per Latina, Roma, Viterbo e Rieti, con una mediana di 21,7%. Frosinone mostra un valore inferiore, con il 75% delle aziende che dedica meno del 51,4% della superficie a queste colture. L'indicatore dei prati permanenti su SAU è più elevato nelle province di Rieti e Frosinone, mentre le altre province presentano meno aziende con questa caratteristica. Anche l'indicatore di boscosità è più elevato a Rieti e Frosinone, tuttavia, le province di Roma e Viterbo mostrano il 75% delle aziende con l'8% della superficie coperta da boschi.

La diversificazione colturale e il numero di corpi aziendali non variano significativamente tra le province, sebbene Rieti mostri una maggiore dispersione degli outlier. La distanza standard e l'indice di forma non mostrano variazioni rilevanti.



**Figura 52** Boxplot riportante la distribuzione degli indicatori calcolati su ogni provincia del Lazio

In Figura 53 viene riportata la matrice di correlazione tra gli indicatori calcolati per le aziende agricole, utilizzando la correlazione di Spearman. Dall'analisi della matrice si evince come esista una debole correlazione positiva tra la SAT e la percentuale di prati permanenti su SAU e l'indice di boscosità, rispettivamente 0,23 e 0,16. Questo suggerisce che le aziende con questi usi del suolo sono di maggior dimensione. Si osserva correlazione positiva tra l'indice di

boscosità e prati permanenti su SAU, specialmente nelle aree montane dove è comune trovare aziende con entrambi questi tipi di uso del suolo. La SAT risulta essere debolmente correlata anche con la diversificazione colturale (0,26), indicando che più grandi sono le aziende e più tendono a coltivare specie vegetali differenti. Una debole correlazione è esistente anche tra indice di forma e SAT, questo perché le aziende più grandi possono presentare più facilmente delle caratteristiche di frammentazione. Le percentuali di Seminativi su SAU, Colture permanenti su SAU e Prati permanenti su SAU, mostrano delle correlazioni negative tra di loro. In particolare, i seminativi e le colture permanenti mostrano una forte correlazione negativa (-0,85), indicando una scarsa compresenza di questi macrousi nelle stesse aziende. Questo avviene perché, la somma delle tre variabili, deve sempre rappresentare il 100% della superficie aziendale. Mentre con i prati permanenti esiste una correlazione minore (-0,27 con i seminativi e -0,26 con le colture permanenti), indicando una maggiore possibilità di combinazione di questi usi del suolo nella stessa azienda. Le aziende specializzate in seminativi e colture permanenti non mostrano correlazione rilevante con il numero di colture, rispettivamente 0,07 e -0,11, indicando che la specializzazione non influisce sul numero di specie facenti parte della stessa macroclasse di uso del suolo. Per quanto riguarda la struttura aziendale, le variabili legate alla dispersione delle aziende, come il numero di corpi aziendali, l'indice di forma e la distanza standard, mostrano alte correlazioni positive tra loro con valori sempre superiori a 0,45. In particolare, si riscontra una forte correlazione (0,76) tra indice di forma e corpi aziendali. Questo è comprensibile: aziende più grandi tendono ad essere più frammentate e, di conseguenza, ad avere una maggiore distanza standard tra i loro appezzamenti.

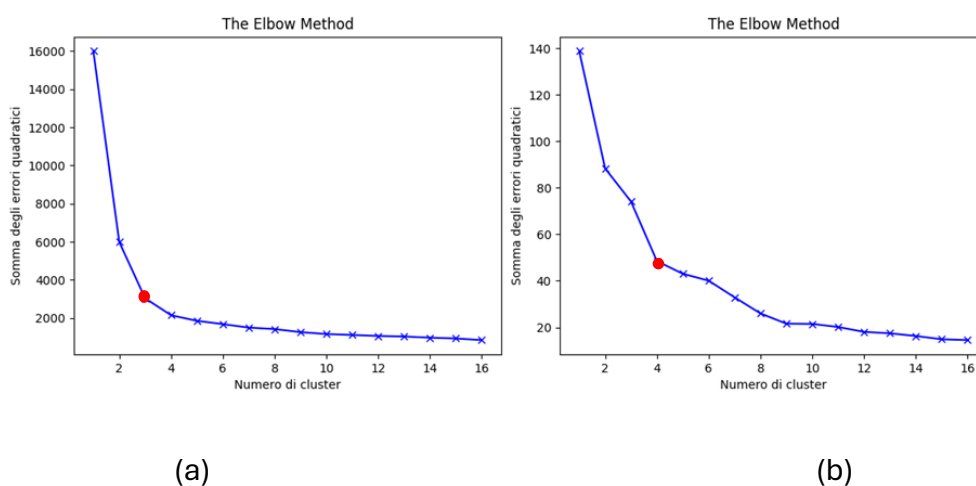


**Figura 53** Matrice di correlazione tra gli indicatori calcolati per le aziende



### 3.2.3.2 Classificazione delle Aziende

L'analisi condotta è finalizzata all'identificazione di due diverse tipologie di cluster: i profili aziendali e la dispersione aziendale. Trattandosi di una classificazione non supervisionata, è necessario determinare il numero di classi a priori. Le classi sono state determinate utilizzando il metodo del gomito riportato in Figura 54. Nella Figura 54a si è calcolato il metodo del gomito per la classificazione dei profili agricoli, per il quale si è deciso di suddividere il dataset in 3 classi. Nella Figura 54b si riporta il grafico del gomito per la definizione del numero di classi per la classificazione delle aziende in base al loro grado di dispersione. Per la dispersione aziendale sono stati utilizzati 4 cluster.



**Figura 54** La a) indica il numero di classi per la *cluster analysis* dei “Profili agricoli”, il punto rosso corrisponde al numero di classi selezionate. La b) indica il numero di classi per la *cluster analysis* della “Dispersione Aziendale”, il punto rosso corrisponde al numero di classi selezionate

Per quanto riguarda l'analisi dei profili agricoli, in totale si ottengono 15 cluster, in quanto le aziende sono state suddivise per range di SAT.

Nella Tabella 14 si riportano le metriche riassuntive degli indicatori utilizzati per la definizione dei cluster, necessarie per la loro interpretazione. Dalla Tabella si osserva come dall'operazione di clusterizzazione sia possibile riconoscere la specializzazione delle aziende; infatti, si riscontrano quattro diverse tipologie aziendali: specializzate in colture permanenti, specializzate in seminativi, specializzate nei prati permanenti ed una quarta classe di aziende non specializzate. Dalla clusterizzazione sono state individuate 13468 aziende specializzate nelle colture permanenti, che gestiscono un totale di 956,5 km<sup>2</sup>. Il numero maggiore di aziende del cluster delle colture permanenti si riscontra nella classe dimensionale di 0 e 2 ha, ma tuttavia le modeste dimensioni medie comportano un territorio totale gestito di 55,5 km<sup>2</sup>, la superficie maggiore (388,2 km<sup>2</sup>) è gestita dalle aziende con una dimensione compresa tra 5 e 20 ha che risultano essere 3985. Osservando il totale delle colture effettuate, il loro numero tende ad aumentare con la SAT. Nel caso di aziende specializzate in colture permanenti si registra per aziende di dimensioni superiori ai 5 ettari una presenza di superfici investite a



seminativo, ma che in media non superano mai il 18% della SAU, mentre per le aziende superiori a 20 ettari, si riscontra anche la presenza di superfici boscate.

Le aziende specializzate nella coltivazione di seminativi sono le più diffuse nel territorio Laziale con un totale di 18873 unità e una superficie gestita di 3764,7 km<sup>2</sup>. La dimensione aziendale più rappresentata è quella tra 5 e 20 ettari con 7933 aziende ed una superficie complessiva di 788 km<sup>2</sup>; tuttavia, la maggior parte della superficie è gestita da aziende di grandi dimensioni che, nonostante siano solamente 1491, gestiscono 1980 km<sup>2</sup> di territorio regionale. Anche per le aziende specializzate nei seminativi, si osserva come il numero totale delle colture aumenti con l'aumentare della SAT. Le aziende di grandi dimensioni sono le uniche a presentare della superficie boscata.

Le aziende specializzate nella coltivazione dei prati permanenti sono un numero inferiore rispetto agli altri cluster, con solamente 2818 unità; tuttavia, le dimensioni medie di queste aziende sono maggiori rispetto agli altri macrousi, con un valore medio di 57,1 ha. Inoltre, si osserva come questo tipo di specializzazione sia presente solo per aziende con una superficie superiore a 5 ha. Per ogni classe dimensionale è presente una percentuale di bosco superiore al 20% della SAT, questo è dovuto alla localizzazione aziendale che spesso le vede collocate in aree montane. Anche i seminativi risultano presenti per ogni fascia dimensionale, questo è dovuto alla probabile natura zootecnica delle aziende e alla necessità di produrre mangimi da impiegare nell'allevamento. Nel caso delle aziende specializzate nei prati permanenti, non si registra una variazione consistente delle colture totali effettuate tra le diverse classi.

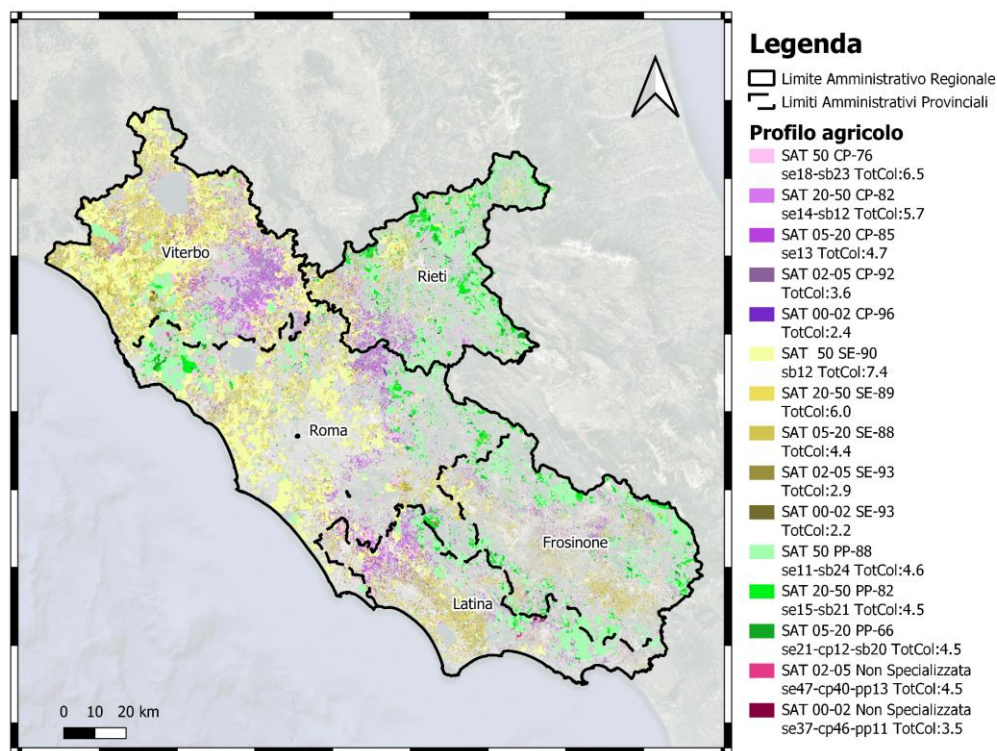
Dall'analisi dei cluster si osserva la presenza di aziende non specializzate, che nonostante gestiscano poca superficie (100 km<sup>2</sup>), sono comunque numerose sul territorio (3841 unità). Questa mancata specializzazione è probabilmente legata alla necessità di diversificare le proprie produzioni per essere più resilienti ai cambiamenti del mercato e climatici. Le principali colture effettuate sono la coltivazione di seminativi e di colture permanenti. Probabilmente queste aziende effettuano anche attività multifunzionali per garantire una redditività dell'azienda.

**Tabella 14** In tabella sono riportati i risultati dell'applicazione della *cluster analysis* dei Profili Agricoli. Sono stati ottenuti 3 profili agricoli per classe di dimensione. Valutando la coltura permanente si è attribuito una diversa colorazione alle righe della tabella. In rosa sono indicate le aziende specializzate nelle colture permanenti, in giallo quelle specializzate nella coltivazione di seminativi, in verde le aziende specializzate in prati permanenti ed in rosso le aziende miste.

| range dimensionale | percentuale macrouso principale | percentuale e macrousi secondari (> 10-20%) | Presenza di boschi | totale colture | area totale (ha) | tot aziende | area media (ha) |
|--------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|----------------|------------------|-------------|-----------------|
| r+50               | CP-76                           | Se18                                        | Si                 | 6,5            | 21.241,26        | 214         | 99,26           |
| r20-50             | CP-82                           | se14                                        | Si                 | 5,7            | 18.862,81        | 638         | 29,57           |
| r05-20             | CP-85                           | se13                                        | No                 | 4,7            | 36.818,31        | 3.985       | 9,24            |

|        |       |                    |    |     |            |       |        |
|--------|-------|--------------------|----|-----|------------|-------|--------|
| r02-05 | CP-92 | -                  | No | 3,6 | 13.174,00  | 4.112 | 3,20   |
| r00-02 | CP-96 | -                  | No | 2,4 | 5.549,50   | 4.519 | 1,23   |
| r+50   | SE-90 | -                  | Si | 7,4 | 198.056,14 | 1.491 | 132,83 |
| r20-50 | SE-89 | -                  | No | 6   | 79.733,70  | 2.550 | 31,27  |
| r05-20 | SE-88 | -                  | No | 4,4 | 78.800,12  | 7.933 | 9,93   |
| r02-05 | SE-93 | -                  | No | 2,9 | 17.396,62  | 5.161 | 3,37   |
| r00-02 | SE-93 | -                  | No | 2,2 | 2.481,42   | 1.738 | 1,43   |
| r+50   | PP-88 | se11               | Si | 4,6 | 120.549,86 | 846   | 142,49 |
| r20-50 | PP-82 | se15               | Si | 4,5 | 27.787,78  | 826   | 33,64  |
| r05-20 | PP-66 | se21 - cp12        | Si | 4,5 | 12.558,35  | 1.146 | 10,96  |
| r02-05 | XX    | se47-cp40-<br>pp13 | No | 4,5 | 8.360,20   | 2.512 | 3,33   |
| r00-02 | XX    | Se37-cp46          | No | 3,5 | 1.732,20   | 1.329 | 1,30   |

Dall'interpretazione dei cluster ottenuti, si è prodotta la mappa in Figura 55. Dalla mappa si evidenzia una chiara distribuzione delle dimensioni delle aziende specializzate nei seminativi all'interno della regione. Nelle province meridionali di Latina e Frosinone c'è una maggiore incidenza di aziende seminatrici di piccole dimensioni, mentre nelle province di Roma e Viterbo, si osservano un numero maggiore di aziende seminatrici di grandi dimensioni. Le colture permanenti sono principalmente presenti in 4 aree della Regione, nell'area della Tuscia con la coltivazione del nocciolo, nell'area collinare della Sabina con gli oliveti, nell'area dei Castelli Romani con i Vigneti e nelle aree costiere di Latina con actinidieti ed altri fruttiferi. Le aree dei prati permanenti sono concentrate principalmente in provincia di Rieti, localizzate nelle aree montane. Rilevante è anche la loro presenza sui monti a confine tra la provincia di Frosinone e Latina ed un nucleo sui monti della Tolfa. Tuttavia, non si riscontra un pattern definito per dimensione aziendale nell'area di studio.



**Figura 55** Mappa dei profili agricoli dell'area di studio. Colori più chiari indicano aziende di più grandi dimensioni, mentre colori più scuri indicano aziende di piccole dimensioni. Per le aziende a prevalenza di colture permanenti si è utilizzato il viola, per le aziende a prevalenza di seminativi si è utilizzato il giallo, le aziende specializzate in prati permanenti sono rappresentate in verde. Le aziende non specializzate sono rappresentate in rosso.

### Dispersione aziendale

Dall'operazione di classificazione, sono state ottenute quattro classi di dispersioni aziendali. Nella Tabella 15 si riportano i valori medi degli indicatori per ogni cluster.

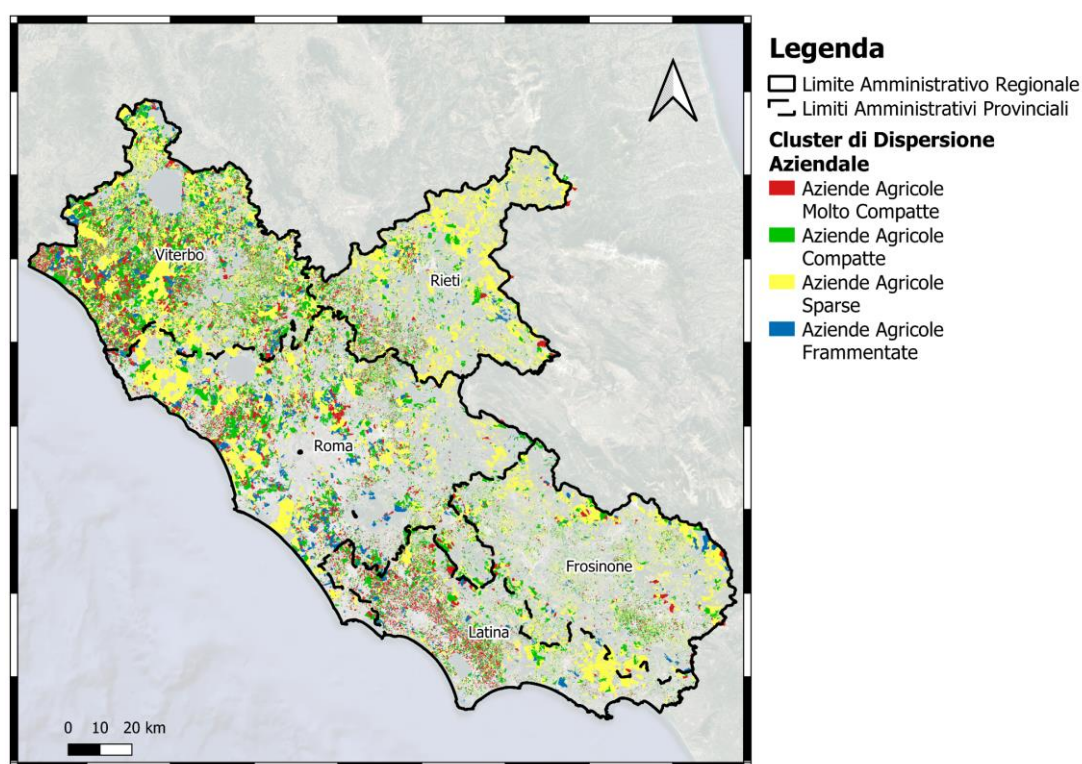
Al primo cluster è stato attribuito il nome di molto compatto. Questo è dovuto al basso numero di corpi aziendali (1,48), che presentano una distanza standard di soli 450 metri ed un indice di forma di 1,97, indicando una forma perlopiù rettangolare. Il secondo cluster rappresenta le aziende compatte. Questo cluster differisce dal precedente in quanto presenta un numero superiore di corpi aziendali, ma comunque contenuto, una distanza standard di 1 km maggiore ed una forma leggermente più frastagliata.

Il cluster 3 sta ad indicare le aziende sparse, ovvero con un alto numero di corpi aziendali, una distanza media tra di loro di 2085 metri ed un indice di forma che va ad indicare una forma fortemente irregolare delle parcelle agricole. L'ultimo cluster rappresenta le aziende frammentate. Queste aziende presentano un numero medio di corpi aziendali pari a 5,2, ma la distanza standard tra questi corpi è molto elevata. Come per le Aziende compatte, le aziende frammentate hanno un indice di forma che indica una forma leggermente frastagliata, ma differisce dalle aziende compatte per una maggiore deviazione standard.

**Tabella 15** Risultato dell'analisi dei cluster per l'individuazione della dispersione aziendale

|           | Numero Aziende | Corpi Aziendali |         | Distanza Standard (m) |         | Indice di Forma |         | Nome Cluster   |
|-----------|----------------|-----------------|---------|-----------------------|---------|-----------------|---------|----------------|
|           |                | Media           | Dev.st. | Media                 | Dev.st. | Media           | Dev.st. |                |
| Cluster 1 | 16175          | 1,48            | 0,73    | 450,8                 | 753,82  | 1,97            | 0,42    | Molto compatto |
| Cluster 2 | 14030          | 3,42            | 1,83    | 1433,06               | 1261,31 | 3,33            | 0,47    | Compatto       |
| Cluster 3 | 7393           | 8,84            | 8,56    | 2085,49               | 1637,44 | 5,67            | 1,6     | Sparso         |
| Cluster 4 | 1402           | 5,22            | 3,81    | 13410,0               | 10187,9 | 3,82            | 1,35    | Frammentato    |

Dall'interpretazione dei Cluster di dispersione aziendale si è evidenziato che il 77% delle aziende dell'area di studio sono molto compatte e compatte. In Figura 56 viene riportata la mappa delle classi di dispersione aziendale.



**Figura 56** Mappa della Dispersione aziendale

Per caratterizzare al meglio le aziende sul territorio, si è effettuata una valutazione incrociata del Profilo aziendale e della Dispersione Agricola. In Tabella 16 è riportata la ripartizione percentuale del numero di aziende per profilo agricolo nelle quattro classi di dispersione aziendale.

Dall'osservazione della Tabella 16 si evince che la distribuzione delle aziende agricole nelle classi di dispersione aziendale, varia significativamente in base alla SAT e al tipo di macrouso prevalente. Le aziende con una SAT più bassa (da 0 a 2 ha e da 2 a 5 ha) tendono ad essere

classificate prevalentemente come "molto compatte" o "compatte". Nella fascia SAT da 0 a 2 ha, sia le aziende specializzate in colture permanenti, che le specializzate in seminativi mostrano alte percentuali di configurazioni "molto compatte" (rispettivamente 67,6% e 74,0%) e "compatte" (29,5% e 22,2%). Questa tendenza alla compattezza è confermata anche per le aziende miste nella stessa fascia, dove il 48,4% risulta "molto compatto" e il 44,1% "compatto".

In contrasto, nella classe di SAT maggiore di 50 ha, le aziende mostrano una maggiore tendenza ad essere classificate come "Sparse" o "Frammentate". Le aziende dei prati permanenti in questo range dimensionale sono caratterizzate da una forte prevalenza di configurazioni "sparse" (70,9%), seguite da una minoranza "frammentata" (6,3%). Allo stesso modo, le aziende delle colture permanenti nella stessa fascia sono per il 53,7% classificate come "sparse" ed il 13,1% "frammentate". Questo evidenzia una maggiore dispersione spaziale delle aziende con l'aumento della SAT disponibile. Le classi di dispersione intermedie mostrano una distribuzione più equilibrata tra le diverse classi di dispersione. Nella fascia dimensionale tra 20 e 50 ha, le aziende seminative e quelle delle colture permanenti presentano un equilibrio tra le configurazioni "compatte" (40,5% e 38,4%, rispettivamente) e "sparse" (31,1% e 35,6%, rispettivamente). Tuttavia, le percentuali di aziende "frammentate" restano moderate (7,7% per i seminativi e 10,2% per le colture permanenti). Le aziende specializzate nei prati permanenti nella stessa fascia mostrano una distribuzione prevalente della classe "sparse" (60,7%).

**Tabella 16** Analisi delle percentuali di aziende per ogni profilo agricolo rispetto alla dispersione aziendale

| Profilo Agricolo                              | Dispersione Aziendale |          |        |             |
|-----------------------------------------------|-----------------------|----------|--------|-------------|
|                                               | Molto Compatta        | Compatta | Sparsa | Frammentata |
| <b>SAT &gt; 50 CP-76 se18-sb23 TotCol:6.5</b> | 8%                    | 25%      | 54%    | 13%         |
| <b>SAT 20-50 CP-82 se14-sb12 TotCol:5.7</b>   | 16%                   | 38%      | 36%    | 10%         |
| <b>SAT 05-20 CP-85 se13 TotCol:4.7</b>        | 29%                   | 44%      | 23%    | 5%          |
| <b>SAT 02-05 CP-92 - TotCol:3.6</b>           | 45%                   | 46%      | 8%     | 2%          |
| <b>SAT 00-02 CP-96 - TotCol:2.4</b>           | 68%                   | 29%      | 2%     | 1%          |
| <b>SAT &gt;50 SE-90 sb12 TotCol:7.4</b>       | 10%                   | 31%      | 44%    | 15%         |
| <b>SAT 20-50 SE-89 - TotCol:6.0</b>           | 21%                   | 41%      | 31%    | 8%          |
| <b>SAT 05-20 SE-88 - TotCol:4.4</b>           | 38%                   | 38%      | 20%    | 4%          |
| <b>SAT 02-05 SE-93 - TotCol:2.9</b>           | 61%                   | 29%      | 9%     | 2%          |



|                                                  |     |     |     |    |
|--------------------------------------------------|-----|-----|-----|----|
| <b>SAT 00-02 SE-93 - TotCol:2.2</b>              | 74% | 22% | 3%  | 1% |
| <b>SAT &gt;50 PP-88 se11-sb24 TotCol:4.6</b>     | 5%  | 18% | 71% | 6% |
| <b>SAT 20-50 PP-82 se15-sb21 TotCol:4.5</b>      | 10% | 26% | 61% | 3% |
| <b>SAT 05-20 PP-66 se21-cp12-sb20 TotCol:4.5</b> | 21% | 35% | 40% | 3% |
| <b>SAT 02-05 XX se47-cp40-pp13 TotCol:4.5</b>    | 34% | 42% | 21% | 3% |
| <b>SAT 00-02 XX se37-cp46-pp11 TotCol:3.5</b>    | 48% | 44% | 6%  | 1% |

### 3.2.4 Discussioni

L'analisi della struttura fondiaria e delle caratteristiche produttive delle aziende agricole nel Lazio rivela una significativa complessità nella definizione di omogeneità spaziali legati al profilo agricolo e alla frammentazione aziendale. Sebbene sembri esistere un gradiente dimensionale da nord a sud, con una prevalenza di grandi aziende al nord, questo schema non è netto. Aziende di dimensioni diverse coesistono nello stesso areale, adottando strategie produttive molto differenziate, rendendo difficile una classificazione univoca del tessuto produttivo regionale.

La mancata individuazione di omogeneità spaziali rende difficile applicare il modello DPSIR per individuare strategie di valorizzazione dell'agricoltura laziale. Sebbene fattori naturali come morfologia e clima influenzino la vocazionalità colturale, non sembrano influenzare direttamente la frammentazione o dimensione delle aziende (Singbo et al., 2021). La componente storico-culturale, invece, ha giocato un ruolo determinante nello sviluppo di alcuni areali agricoli, come nel caso dell'Agro Pontino e della Maremma toscanolaziale, dove interventi di bonifica e redistribuzione delle terre hanno plasmato il tessuto produttivo.

Un aspetto interessante emerso dall'analisi è la mancanza di correlazione tra dimensioni aziendali e diversificazione produttiva. Sia le grandi che le piccole aziende possono essere specializzate o diversificate, rendendo difficile tracciare pattern chiari in termini di produzione e frammentazione.

Dal punto di vista della localizzazione delle caratteristiche aziendali, la vocazionalità del territorio, sembra giocare un ruolo determinante consentendo l'identificazione di distretti produttivi omogenei. Si pensi alla produzione di kiwi a Latina o alla produzione di nocciole nel viterbese. Tuttavia, anche in questi casi, nonostante la predisposizione dell'area per la coltivazione di colture specifiche, non condiziona la struttura fondiaria, che risulta estremamente variegata, con la presenza di aziende specializzate sia grandi che di piccole dimensioni.

Per valutare al meglio il sistema produttivo del Lazio, è necessario approfondire le analisi, identificando e descrivendo le diverse filiere produttive sul territorio. L'analisi della filiera produttiva consentirà di formulare delle ipotesi di strategia di sviluppo locale, valorizzando le produzioni tipiche e promuovendo mercati locali e collettivi (Hingley et al., 2010; Lurie and

Brekken, 2017; Tropp, 2008), in linea con le direttive comunitarie, come la strategia *Farm to Fork* (Wesseler, 2022). La promozione del chilometro zero e la creazione di strutture locali di trasformazione e commercializzazione rappresentano strumenti fondamentali per aumentare il valore aggiunto delle produzioni regionali e sostenere un'agricoltura che possa essere allo stesso tempo produttiva e sostenibile.

### 3.2.5 Conclusioni

La valutazione geografica del sistema agricolo rappresenta un'opportunità strategica per la gestione sostenibile del settore e del territorio. Le metodologie tradizionali, basate su dati censuari ISTAT, pur garantendo un monitoraggio costante della "salute" del sistema agricolo, non permettono di localizzare con precisione i cambiamenti strutturali, come i fenomeni di riaccorpamento e la frammentazione delle aziende. Il dato LPIS, aggiornato ogni tre anni, rappresenta una valida soluzione a questo problema, offrendo informazioni dettagliate sull'uso del suolo. AGEA, attraverso il PCG, ha consentito di collegare i dati di uso del suolo ad ogni azienda agricola sul territorio tramite il CUAA, ottenendo dati geografici strutturali a scala subcomunale. Per tale ragione il PCG dovrebbe consentire di formulare un'analisi più precisa e mirata alla struttura dell'aziende agricole.

L'obiettivo principale di questo lavoro era sviluppare una metodologia per l'analisi spaziale del sistema agricolo della regione Lazio, con l'intento di formulare una metodologia standard che consenta di replicare tale analisi nel tempo, permettendo così un monitoraggio continuo dell'agricoltura laziale. Le informazioni risultanti da questa analisi verranno impiegate come strato conoscitivo essenziale del PAR in fase di redazione, fornendo un supporto concreto ai *policy-maker* per delineare le future linee di sviluppo dell'agricoltura laziale.

L'analisi condotta ha messo in luce due aspetti chiave del tessuto agricolo regionale: la diversificazione delle aziende e la loro frammentazione. Tuttavia, dall'applicazione della metodologia non si riscontra una netta individuazione di pattern spaziali nella distribuzione di aziende agricole nel territorio, impedendo di formulare strategie differenziate nella pianificazione e nella gestione delle risorse territoriali.

La metodologia sviluppata mostra la sua validità nella valutazione statistica del comparto aziendale della regione Lazio. Questo approccio richiede ulteriori affinamenti, per migliorare la capacità di analisi e di intervento non solo a livello territoriale, ma anche a livello settoriale, favorendo uno sviluppo più equo e sostenibile delle aree rurali.

### 3.3 Naturalità

L'interazione tra i cambiamenti climatici le trasformazioni socioeconomiche e dell'uso del suolo influenzano gli ecosistemi e la biodiversità (Gámez-Virués et al., 2015; Oliver and Morecroft, 2014). La semplificazione degli agroecosistemi e la riduzione delle aree naturali comportano l'insorgenza di minacce per gli ecosistemi, tra cui il degrado del suolo, l'erosione e le inondazioni (Dash and Punia, 2019; García-Ruiz, 2010; Roossinck and García-Arenal, 2015; Zucca et al., 2010). Gli elementi minori del paesaggio, come siepi, arbusteti e fasce ripariali, chiamati alberi fuori foresta (AFF) o elementi minori del paesaggio (EMP), sono parte integrante dei paesaggi rurali, culturali e urbani (Bellefontaine et al., 2002). Questi alberi e arbusti, presenti nelle aree agricole e in altre aree non forestali, sono classificati dalla FAO come "alberi non situati in boschi e altre terre boscate" (FAO, 2001), rappresentano delle vere *Nature Based Solution*, migliorando il paesaggio e le dinamiche ecologiche (Collier, 2021). Questi mitigano gli impatti della semplificazione degli ecosistemi (Frank et al., 2014) e fungono da infrastrutture verdi fondamentali per affrontare i cambiamenti ecosistemici e climatici (Chen et al., 2020; Skole et al., 2021). Il cambiamento climatico sta spingendo a una rivalutazione delle pratiche agronomiche come l'agroforestazione, che può fornire benefici agli ecosistemi attraverso l'integrazione di specie arboree ed erbacee (Golicz et al., 2021; Reyes et al., 2021).

Nonostante la loro presenza frammentata su tutto il territorio, gli AFF o gli EMP svolgono ruoli cruciali nella conservazione degli ecosistemi, fornendo servizi preziosi alle comunità. Sin dagli anni '90, i servizi ecosistemici forniti dagli EMP, sono stati ampiamente riconosciuti dalla comunità scientifica, guadagnando un ruolo prioritario nel fronteggiare i cambiamenti climatici, gli effetti negativi legati all'espansione delle aree agricole (Ritchie et al., 2024) e alla diffusione dell'agricoltura intensiva e delle monoculture (Holt-Gimenez, 2019). Nei paesaggi agroforestali, questi elementi migliorano l'eterogeneità paesaggistica, contribuiscono alla connettività del paesaggio, offrendo benefici ambientali ed economici (Sutter et al., 2018; Zomer et al., 2016). Le aree agricole con AFF e EMP mostrano livelli più alti di biodiversità rispetto alle estese monoculture, rappresentando degli habitat o corridoi ecologici per diverse specie vegetali e animali, promuovendo la biodiversità locale e la complessità strutturale del paesaggio (Baudry et al., 2000; Burel et al., 1998; Liccari et al., 2022; Manning et al., 2006; Saunders et al., 1991). Altri importanti servizi forniti dalla presenza dei EMP sono: funzione di frangivento, favorire la presenza di impollinatori e costituire degli habitat per il controllo biologico dei parassiti (Garratt et al., 2017; Rusch et al., 2016), mentre i loro sistemi radicali mitigano l'impatto dell'erosione del suolo, ne migliorano la fertilità e stabilizzano il terreno rendendolo meno suscettibile a fenomeni franosi (Holden et al., 2019). Inoltre, i AFF e gli EMP agiscono come barriere naturali contro vento, pioggia e fitofarmaci, proteggendo le colture e gli acquiferi superficiali riducendo il deflusso ed il conseguenziale trasporto dei contaminanti (Ghazavi et al., 2008; Merot, 1999; Thomas and Abbott, 2018). Questo risulta particolarmente vantaggioso in aree in cui è presente un mosaico di aziende biologiche e di agricoltura convenzionale. Inoltre, gli AFF e EMP aumentano significativamente la biomassa e gli stock di carbonio (Schnell et al., 2015), fornendo beni e servizi ambientali cruciali a livello globale (De



Foresta et al., 2013; Jose, 2009). Nei sistemi agroforestali, gli EMP vengono utilizzati per definire il limite dei campi, rappresentando una fonte di legna da ardere, mentre la presenza di specie da frutto contribuisce un'ulteriore fonte di reddito e di ombra per il bestiame (De Foresta et al., 2013). Gli EMP agiscono nel contempo a migliorare il carattere percettivo, l'estetica del paesaggio e il suo significato culturale (Vannucci et al., 2022).

In sintesi, gli EMP sono componenti essenziali dei paesaggi al di fuori delle aree forestali tradizionali. La loro conservazione e gestione sono cruciali per mantenere l'equilibrio ecologico e promuovere pratiche di uso del suolo sostenibili. Di conseguenza, le normative nazionali o comunitarie fanno spesso riferimento a questi elementi, evidenziando il crescente interesse e la necessità di una loro migliore identificazione e monitoraggio (Gulinck et al., 2018).

Negli ultimi decenni, c'è stato un crescente interesse nei sistemi agroforestali (AFS) a livello globale (Malkoç et al., 2021; Mosquera-Losada et al., 2018; Rigueiro-Rodríguez et al., 2009), in particolare in Europa, dove le normative a sostegno degli AFS sono ben consolidate (Álvarez et al., 2021; Santiago-Freijanes et al., 2018). L'Unione Europea (UE) riconosce il valore degli AFS per raggiungere gli obiettivi delineati nella Strategia per la Biodiversità dell'UE per il 2030, che mira ad affrontare le sfide globali della biodiversità. Per massimizzare la biodiversità e i servizi ecosistemici a livello globale e per raggiungere gli obiettivi di biodiversità dell'UE, si incoraggiano gli agricoltori e i *policy-makers* a promuovere la conservazione e l'attuazione della AFS (García de León et al., 2021).

L'UE ha integrato misure specifiche nella sua Politica Agricola Comune (PAC) 2007–2013 attraverso il programma di sviluppo rurale (PSR) per salvaguardare e attuare gli AFS. I programmi di sviluppo rurale regionali (PSR) attuano due principali misure: la Misura 214 si concentra sui regimi agroambientali, mentre la Misura 216 sostiene gli investimenti non produttivi nelle terre agricole. In Italia, varie regioni come la Sicilia e le Marche hanno attivato la Misura 222 per promuovere l'agroforestazione, mentre la Toscana ha introdotto la Misura 227 per incentivare gli AFS e la Sardegna ha incentivato la protezione delle risorse idriche attraverso gli AFS con la Misura 121 (Modernizzazione delle aziende agricole). Inoltre, le Misure 213 e 311 nelle Marche includono pagamenti per l'introduzione degli AFS per conservare l'avifauna e sostenere l'agriturismo.

Nel periodo di programmazione della PAC 2014–2021, l'UE ha mantenuto il suo focus sugli AFS. La maggior parte dei paesi europei ha attivato la Misura 10.1 (Agroambiente), e in misura minore, la Misura 4.4 (Sostegno agli investimenti non produttivi legati agli obiettivi agroambientali e climatici). In Italia, gli AFS rimangono una priorità, in particolare in Sicilia e Friuli-Venezia Giulia, sono sostenuti dalla Misura 12.1, che compensa gli agricoltori nelle aree Natura 2000 per il mantenimento di elementi paesaggistici come AFS, stagni e fossati. La sottomisura 16.5 a Trento sostiene lo sviluppo, la gestione e il restauro degli AFS caratteristici, mentre in Molise, la Misura 11 (inclusi i sottomisure 11.1 e 11.2) offre contributi all'agricoltura biologica inclusi gli AFS (Álvarez et al., 2021).

La riconosciuta valenza degli EMP come proxy della naturalità del territorio è testimoniata anche dalla tecnica di individuazione delle aree ad alto valore naturale (HNV). Le HNV sono state introdotte nei primi anni '90 (Clark et al., 1994) per sottolineare l'importanza che l'attività agricola può avere nella conservazione della biodiversità. Queste aree, conosciute come "aree agricole ad alto valore naturale", sono definite come quelle in cui "l'agricoltura è il principale (spesso predominante) uso del suolo e contribuisce alla presenza di un elevato numero di specie e habitat, o di specie di particolare interesse per la comunità" (Andersen et al., 2004). In particolare, le HNV di tipo 2 enfatizzano l'importanza degli EMP. Le HNV tipo 2 sono quelle aree in cui si trova un mosaico di agricoltura a bassa intensità e elementi naturali, semi-naturali e strutturali come siepi, muretti a secco, boschetti, filari e piccoli corsi d'acqua.

Nonostante la loro importanza riconosciuta nella letteratura scientifica e la necessità di una gestione informata del territorio, gli EMP non sono inclusi negli inventari forestali nazionali, trascurando la loro rilevanza (Schnell et al., 2015; Thomas et al., 2021). Questa esclusione è dovuta alle dimensioni variabili e alla natura dispersa delle SWF, che rappresenta una sfida nel censimento su larga scala (Santoro et al., 2022). Le tecniche per monitorare e mappare le SWF sono state esaminate (Schnell et al., 2015), con studi che spesso si basano sull'interpretazione manuale di ortofoto ad alta risoluzione o immagini aeree (Alvarez et al., 2021; Fehrmann et al., 2014). Tuttavia, questo approccio richiede tempo ed è tipicamente applicato a unità campione limitate (León and Harvey, 2006).

In questo capitolo si propone un protocollo ripetibile, a basso costo ed efficiente per identificare gli EMP sull'area vasta utilizzando immagini ad alta risoluzione e i dati del Sentinel-2 *Multispectral Instrument* (MSI) disponibili gratuitamente. Il protocollo prevede l'uso di dati ottici e multispettrali seguendo il seguente flusso di lavoro: (1) segmentazione e classificazione *object-based* di ortofoto ad alta risoluzione per identificare le aree coperte da vegetazione arborea; (2) una classificazione *object-based* per le sole aree coperte da vegetazione arborea, utilizzando sinergicamente dati ad alta risoluzione e dati multitemporali NDVI di Sentinel-2 per separare gli alberi in tre categorie, ovvero EMP, foresta e altro; e (3) un processo di validazione con dati di verità a terra. Il protocollo è stato testato e sviluppato nella regione Lazio.

In seguito all'individuazione e alla valutazione del miglior strato informativo disponibile, in questo lavoro si è prodotto un indicatore utile per l'utilizzo e la quantificazione della naturalità per i processi di pianificazione di area vasta dei sistemi agricoli.

### 3.3.1 Inventario

La fase di inventario per l'esecuzione di tale studio ha permesso di identificare i seguenti dati utili: ortofoto AGEA del 2017, le immagini Sentinel-2, la mappa dei tipi di foresta e il Sistema di Identificazione delle Parcelle Agricole (LPIS) (European Court of Auditors, 2016).

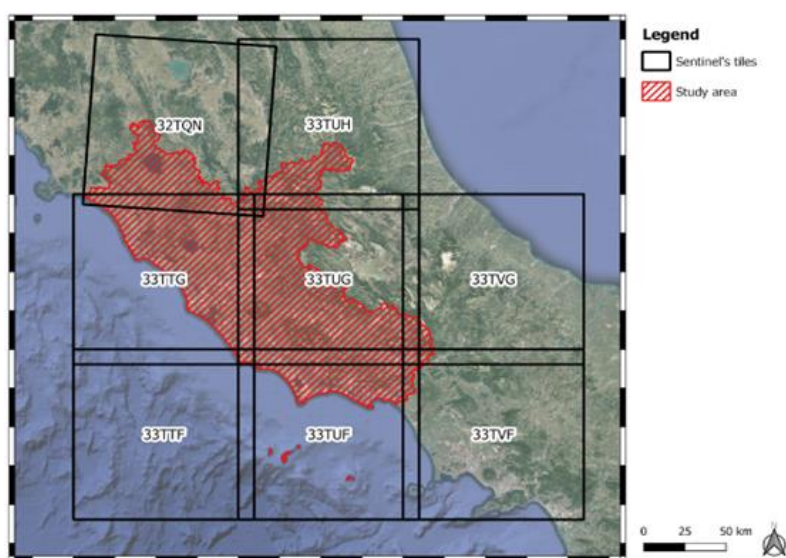
### 3.3.1.1 Ortofoto AGEA

L'Agenzia Italiana per le Erogazioni in Agricoltura (AGEA), per la mappatura dell'uso del suolo, produce ortofoto ad alta risoluzione (0,20 m) con cadenza triennale. Queste ortofoto vengono prodotte utilizzando un sensore multispettrale, che consente di ottenere informazioni nelle bande del visibile (RGB) e dell'infrarosso. In questo studio è stata utilizzata l'ortofoto AGEA del 2017. Il *downsampling* è stato effettuato utilizzando il software QGIS 3.16 (QGIS Development Team, 2024) per accelerare l'elaborazione delle immagini, riducendo la risoluzione spaziale da 0,20 m a 2,5 m. La scelta di 2,5 m ha migliorato significativamente i prodotti cartografici, mantenendo la capacità di identificare piccole SWF (es. alberi isolati).

### 3.3.1.2 Sentinel-2 Datasets

Le piattaforme satellitari Sentinel-2A e Sentinel-2B dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) sono dotate di un sensore multispettrale (MSI) con 13 bande, con risoluzioni spaziali che variano da 10 a 60 m e una risoluzione temporale di 5 giorni. Per questo studio, sono state scaricate immagini Sentinel-2 di Livello 1C senza nuvole (riflettanza *Top of Atmosphere*) dal *Copernicus Open Access Hub* per i periodi primaverile ed estivo, quando possibile. Per il periodo primaverile, sono state selezionate le immagini del mese di aprile, poiché questa scelta è legata alla fenologia delle colture primaverili estive (es. mais, erba medica, ecc.), che mostrano bassi valori di copertura del suolo durante questo periodo e sono quindi facilmente distinguibili dagli elementi arborei. Per il periodo estivo, invece, sono state selezionate le immagini dei mesi di giugno e luglio per catturare lo stadio fenologico di senescenza delle colture autunno-vernine (come frumento, orzo, ecc.) e aumentare la diversità con elementi arborei.

A causa della localizzazione dell'area di studio, è stato necessario scaricare e analizzare più *tiles*, come illustrato nella Figura 57.



**Figura 57** L'area di studio è indicata in rosso. In nero sono indicati gli elementi del grigliato

delle immagini Sentinel-2 con il rispettivo codice

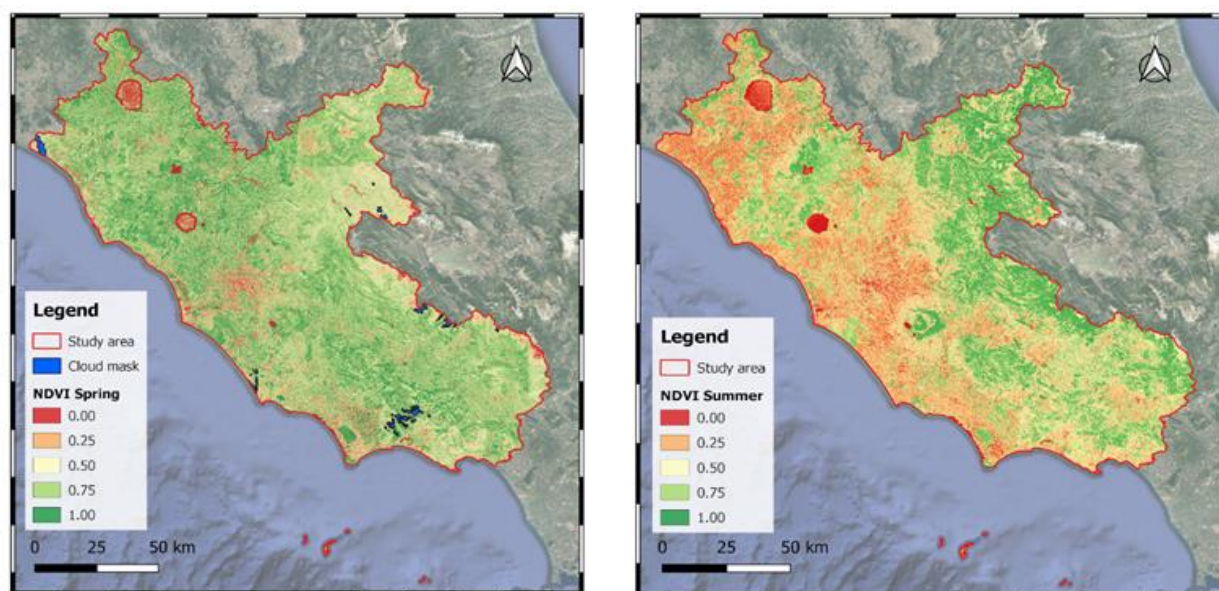
Per ottenere un'immagine priva di nuvole, è stato necessario scaricare immagini da date diverse. Questo problema non si è presentato a luglio, dove sono state selezionate le date dell'8 e del 10 luglio 2017. Tuttavia, come evidenziato in tabella (Tabella 17), il mese di aprile, presentando numerose immagini nuvolose, ha richiesto ulteriori accorgimenti. Di conseguenza, è stato necessario aumentare l'intervallo temporale di ricerca. Nello specifico, è stato scelto il periodo dall'11 aprile all'11 maggio.

**Tabella 17** Lista di immagini Sentinel-2 utilizzate

| Stagione  | Sensore | ID tile | Date di acquisizione | % Copertura Nuvolosa |
|-----------|---------|---------|----------------------|----------------------|
| Primavera | S2A     | 33TUG   | 11/04/2017           | 7                    |
|           |         | 33TUG   | 01/05/2017           | 53                   |
|           |         | 32TQM   | 21/04/2017           | 2                    |
|           |         | 32TQN   | 21/04/2017           | 1                    |
|           |         | 32TQN   | 11/04/2017           | 9                    |
|           |         | 33TVG   | 11/04/2017           | 14                   |
|           |         | 33TVF   | 11/04/2017           | 29                   |
|           |         | 33TTG   | 01/05/2017           | 43                   |
|           |         | 33TUF   | 01/05/2017           | 6                    |
|           |         | 33TUF   | 11/05/2017           | 93                   |
|           |         | 33TUH   | 11/05/2017           | 24                   |
| Estate    | S2B     | 32TQN   | 08/07/2017           | 0                    |
|           |         | 33TTG   | 08/07/2017           | 2                    |
|           | S2A     | 32TQN   | 10/07/2017           | 8                    |
|           |         | 33TTG   | 10/07/2017           | 2                    |
|           |         | 33TUF   | 10/07/2017           | 0                    |
|           |         | 33TUG   | 10/07/2017           | 0                    |
|           |         | 33TUH   | 10/07/2017           | 0                    |
|           |         | 33TVF   | 10/07/2017           | 0                    |
|           |         | 33TVG   | 10/07/2017           | 0.1                  |

Il pre-processamento delle immagini Sentinel-2 di Livello 1C è stato eseguito utilizzando il software *Sentinel Application Platform* (SNAP) e lo strumento Sen2Cor versione 2.08.0. Durante la fase di pre-processamento, sono state applicate correzioni atmosferiche e del

terreno utilizzando il modello digitale di elevazione della *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) con una risoluzione di 30 metri (Farr et al., 2007). Successivamente, il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) è stato calcolato dai dati di Livello 2A con una risoluzione di 10 metri. Le mappe NDVI sono state generate per le stagioni primaverile ed estiva utilizzando tecniche di mosaico per rimuovere le nuvole e applicando una maschera per eliminare eventuali piccole aree nuvolose rimanenti (Figura 58).



**Figure 58** NDVI prodotto dal dato Sentinel-2 per le due stagioni. Con la (a) si mostra lo scenario primaverile, con la (b) si mostra lo scenario estivo.

### 3.3.1.3 Carta delle tipologie forestali

La mappa della tipologia forestale (di seguito denominata CF) della regione Lazio (Chirici et al., 2014) è stata utilizzata come maschera forestale. Questa mappa è stata prodotta affinando i dati di IV e V livello del Corine Land Cover dalla mappa dell'uso del suolo (di seguito CUS). Il processo di affinamento ha previsto la fotointerpretazione di immagini ad alta risoluzione (immagini aeree ADS40 con una risoluzione di 0,5 m) e immagini satellitari del satellite SPOT5 HRG con una risoluzione di 10 m per identificare i tipi di foresta caratterizzati da uniformità ecologica, floristica e colturale. La CF è stata rilasciata in formato vettoriale alla scala 1:25.000 nel 2011 e aggiornata a dicembre 2012. I dati sono forniti con una precisione geometrica complessiva dell'81,4%.

La CF è stata rasterizzata con una risoluzione spaziale di 2,5 m utilizzando il software QGIS 3.16.

### 3.3.1.4 Land Parcel Identification System (LPIS)

Il LPIS è un uso del suolo realizzato a partire da fotografie aeree o satellitari che registra tutte le parcelle agricole negli Stati Membri. In Italia, è basato sulle particelle catastali, integrate

dalla fotointerpretazione per le superfici non incluse nel database. Il LPIS è stato rasterizzato con una risoluzione spaziale di 5 m utilizzando il software QGIS 3.16 per identificare i frutteti e migliorare il risultato della classificazione.

#### 3.3.1.5 Verità a terra

La valutazione dell'accuratezza della classificazione delle mappe NVC e EMP si è basata sulla fotointerpretazione dell'ortofoto AGEA. L'uso della stessa immagine per la segmentazione e la classificazione ha evitato potenziali errori derivanti dalle variazioni dell'uso del suolo. Punti distribuiti casualmente sono stati fotointerpretati nell'area di studio per i set di addestramento e validazione utilizzando il software QGIS 3.16.

### 3.3.2 Analisi

Per produrre l'indicatore di naturalità si sono inizialmente mappati gli EMP impiegando tecniche GIS e di telerilevamento utilizzando i software QGIS e Orfeo Toolbox. Le principali fasi del flusso di lavoro includono:

- Classificazione object-based dell'ortofoto AGEA (RGB) a 2,5 m per identificare la Copertura Vegetale Naturale (CVN), che si è rivelata efficace per aree eterogenee (Benz et al., 2004; Burnett and Blaschke, 2003);
- Miglioramento della CVN utilizzando i dati Sentinel-2 e la maschera forestale per separare gli EMP-UN dalle aree boschive;
- Calcolo della densità di EMP per il km<sup>2</sup>.

#### 3.3.2.1 Segmentazione

Per l'identificazione delle CVN è stata applicata una classificazione *object-based*. A tal fine, è stata utilizzata l'algoritmo di segmentazione Large Scale Mean Shift (LSMS) sulle tre bande RGB dell'ortofoto AGEA con risoluzione di 2,5 metri. L'algoritmo LSMS, sviluppato da Fukunaga e Hostetler, è una tecnica di analisi non parametrica dello spazio delle caratteristiche per localizzare i massimi di una funzione di densità (Fukunaga and Hostetler, 1975). Successivamente, Comaniciu e Meer hanno adattato l'algoritmo *mean shift* anche al dominio spaziale (Comaniciu and Meer, 2002). Il vantaggio dell'algoritmo LSMS per la segmentazione delle immagini è che non è necessario specificare a priori la forma o il numero dei cluster.

In questo studio, è stata utilizzata la segmentazione LSMS implementata nel software Open Source Orfeo Toolbox 7.4.0. L'algoritmo LSMS richiede tre parametri:

- *Range Radius*: è una soglia sulla distanza dei valori spettrali rispetto alla media. Valori più alti tendono a essere più inclusivi nella definizione del poligono, mentre valori più bassi aumentano il numero dei poligoni e il possibile rumore.

- *Spatial Radius*: definisce l'intorno spaziale per la valutazione della media. Valori più alti si traducono in una maggiore levigatura (poligoni più grandi) e un tempo di elaborazione più elevato.
- *Minimum Size*: la dimensione minima dei poligoni. I poligoni con dimensioni inferiori a questi parametri vengono fusi con regioni simili adiacenti.

I parametri selezionati per la segmentazione dell'area di studio sono stati un *range radius* e un *spatial radius* pari a 10 m, mentre la *minimum size* è stata impostata a 20 m. Con questi parametri, si ottengono segmentazioni con numerosi poligoni, anche di piccole dimensioni, che permettono di individuare gli elementi lineari come le siepi.

Vista l'ampia estensione, l'area di studio è stata suddivisa in zone definite da confini morfologici e fisiografici. Le segmentazioni delle singole sottozone individuate sono state unite prima di applicare l'algoritmo di classificazione.

### 3.3.2.2 Mappatura delle CVN

Per la classificazione è stato utilizzato l'algoritmo di *Artificial Neural Network* (ANN) del software Orfeo Toolbox 7.4.0. La rete neurale è stata addestrata utilizzando l'algoritmo di retropropagazione resiliente, con due neuroni in ciascun strato intermedio e una funzione sigmoidale simmetrica per l'attivazione dei neuroni, basata su studi precedenti (Pádua et al., 2020). È stata prodotta una classificazione binaria per la CVN, distinguendo solo due classi di uso del suolo: CVN e Altro Uso del Suolo (OLU). La classe CVN comprende boschi, EMP, arbusti e zone umide, mentre la classe OLU include usi del suolo artificiali, suolo nudo e corpi idrici.

### 3.3.2.3 Estrazione degli EMP-UN

Per l'estrazione degli EMP, è stata adottata effettuata una stratificazione della mappa della CVN, con l'obiettivo di identificare tre categorie principali: EMP, boschi e aree con altri usi del suolo. Di seguito viene illustrata la metodologia impiegata, che utilizza dati spettrali e informazioni sulla vegetazione, insieme ai dati di uso del suolo del LPIS.

Per definire le soglie di classificazione, sono state effettuate analisi statistiche zonali su ciascun poligono della mappa CVN, considerando il valore medio del NDVI per i due scenari temporali (primavera ed estate), il conteggio dei pixel forestali intercettati dal poligono e l'area di ciascun poligono. Inoltre, si è valutata la coerenza della vegetazione attraverso un'analisi diacronica del NDVI nelle stagioni primaverile ed estiva, considerando la maggiore stabilità dei valori dell'indice per le specie arboree e la variabilità che si ha in campo agricolo. Per la determinazione delle soglie di NDVI utilizzate per discretizzare gli EMP dagli altri usi del suolo, si è valutata mediante la statistica zonale il valore medio di NDVI di un campione di poligoni afferenti alla categoria degli EMP. Vista la stabilità durante le stagioni della vegetazione arborea che compone le EMP, si è riscontrato che sia per il periodo estivo, che per il periodo primaverile, il valore medio è di 0.35. Questi valori apparentemente bassi possono essere spiegati considerando che le dimensioni degli elementi lineari, spesso sono inferiori alla

risoluzione spaziale delle immagini Sentinel-2. Inoltre, è stata identificata una soglia di almeno 5 pixel sovrapposti per discriminare le aree di interfaccia tra boschi e altre classi di uso del suolo. I poligoni più grandi tendono ad essere associati a errori di classificazione CVN e, pertanto, è stata stabilita una soglia minima di 1500 m<sup>2</sup> per escluderli dall'analisi.

Infine, si sono escluse le aree classificate come coltivazioni arboree (come noccioleti, uliveti, actinidieti, ecc.) dalla nostra analisi utilizzando il LPIS, prodotti tramite fotointerpretazione, per ridurre gli errori di confusione.

#### 3.3.2.4 Validazione

In questo studio, la validazione della mappa NVC è stata eseguita inizialmente, seguita dalla validazione delle mappe EMP prodotte. Le validazioni sono state effettuate utilizzando matrici di confusione, e sono state impiegate le seguenti statistiche: *Overall Accuracy* (OA), *Producer's Accuracy* (PA), *User's Accuracy* (UA) per la mappa CVN. Per la mappa EMP-UN, sono state considerate solo le metriche di PA e UA della classe EMP. PA rappresenta la percentuale di punti di verità a terra correttamente classificati come SWF-UN nella mappa, mentre UA indica la percentuale di pixel della classe EMP correttamente classificati.

La valutazione dell'accuratezza della classe EMP è stata effettuata per le seguenti aree: l'intera Regione Lazio, ciascuna provincia all'interno della Regione Lazio, tre classi di uso del suolo e tre zone altitudinali (aree < 300 m s.l.m., aree 300-600 m s.l.m., e aree > 600 m s.l.m.). Tutte le matrici di confusione e le statistiche sono state calcolate utilizzando il pacchetto asbio (Aho, 2024) in Rstudio (RStudio Team, 2015).

#### 3.3.2.5 Densità di EMP

Riconosciuta l'importante funzione svolta dagli EMP sul territorio per il mantenimento della biodiversità e per gli altri numerosi servizi ecosistemici forniti, si è deciso di utilizzare la densità di questi elementi come proxy della naturalità dei sistemi agricoli. Per il calcolo della densità si è utilizzato il software QGIS 3.16, con l'obiettivo di conoscere il numero di pixel classificati come EMP nell'area corrispondente ad 1km<sup>2</sup> per tutta l'area di studio. Il raster di densità prodotto è stato normalizzato e considerando la distribuzione di frequenza del dato, è stato suddiviso con i quartili in quattro classi crescenti di naturalità.

### 3.3.3 Risultati

In questa sezione, vengono presentati i risultati dell'analisi condotta sulla naturalità del territorio, suddivisi in tre categorie principali:

- Valutazione dell'accuratezza delle mappe CVN e EMP-UN: La prima parte di questa sezione si concentra sulla valutazione dell'accuratezza della mappa NVC e della mappa EMP-UN. La complessità del paesaggio, dovuta a fattori come l'altitudine o i diversi sistemi di produzione, può portare a errori di classificazione. Inoltre, nel Lazio, le diverse province sono molto varie sia in termini di struttura del paesaggio, che per morfologia e per i sistemi di produzione. Per tenere conto dei fattori che possono



influenzare la qualità della classificazione, la validazione è stata eseguita considerando diverse scale spaziali. La validazione è stata effettuata includendo i livelli regionale e provinciale, così come diverse macroclassi di uso del suolo (insediamenti, aree agricole, aree non-insediate/ agricole) e zone altitudinali (aree < 300 m s.l.m., aree 300–600 m s.l.m., e aree > 600 m s.l.m.);

- Indicatore di densità e categorizzazione in classi di naturalità.

### 3.3.3.1 Valutazione dell'accuratezza della mappa CVN

Il risultato della valutazione dell'accuratezza ottenuto dalla classificazione è mostrato nella Tabella 18. L'analisi ha rivelato che la classificazione ha prodotto valori elevati di OA in particolare con la classe CVN identificata da valori di UA e PA superiori all'86%. Tuttavia, la mappa CVN tendeva a sottostimare la rappresentazione della classe nel territorio, con un errore di commissione del 9% e un errore di omissione del 14%. La successiva validazione della mappa EMP-UN per le macro-aree di analisi ha permesso di localizzare e spiegare questi errori di confusione.

**Tabella 18** Matrice di confusione della classificazione degli CVN

|                       |        | Dati Classificati |      |        |               |
|-----------------------|--------|-------------------|------|--------|---------------|
|                       |        | NVC               | OLU  | Totali | PA (%)        |
| <b>Verità a terra</b> | NVC    | 2067              | 210  | 2277   | 0.91          |
|                       | OLU    | 337               | 2386 | 2723   | 0.88          |
|                       | Totali | 2404              | 2596 | 5000   | -             |
|                       | UA (%) | 0.86              | 0.92 | -      | -             |
|                       |        |                   |      |        | OA (%) = 89.0 |

### 3.3.3.2 Validazione delle mappe EMP-UN

Sono state generate due diverse mappe del EMP: la prima con una risoluzione spaziale di 2,5 m in cui i frutteti sono stati mantenuti, e la seconda con una risoluzione spaziale di 5 m in cui i frutteti sono stati mascherati. È stata effettuata una valutazione dell'accuratezza su entrambe le mappe poiché le colture arboree erano molto diffuse in alcune aree e avrebbero potuto influenzare la classificazione.

### 3.3.3.3 Mappa EMP a 2.5 m

La valutazione dell'accuratezza della mappa EMP-UN per la regione Lazio, come dettagliato nella Tabella 19, ha mostrato un elevato valore di OA, con errori di commissione e omissione rispettivamente del 27,8% e del 9,5%, indicando una sovrastima delle aree EMP. Tra le diverse categorie di uso del suolo, l'analisi ha evidenziato il valore di OA più alto per la categoria "Altri

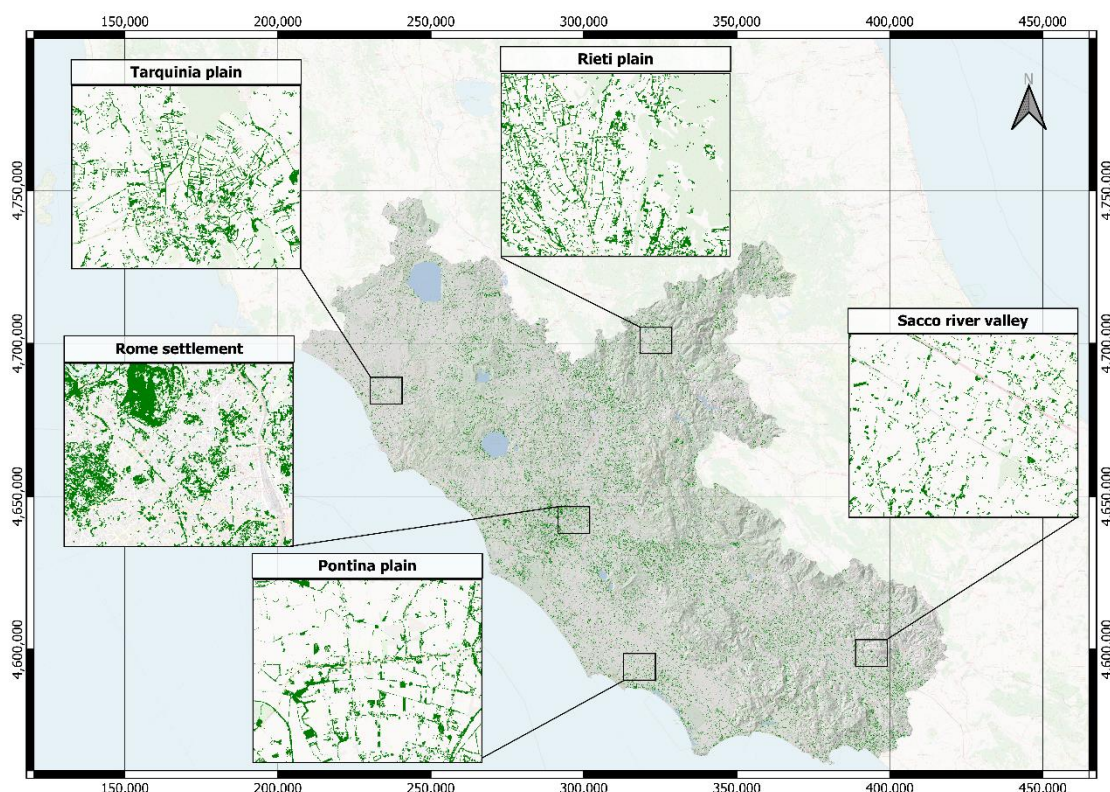
usi del suolo", mentre il valore più basso è stato ottenuto per le "Aree agricole". Un ulteriore esame dell'UA ha rivelato che la classe "Aree agricole" presentava un errore di commissione più elevato pur rappresentando le aree con l'errore di omissione più basso, confermando la difficoltà nel rilevare le EMP in queste aree. Analogamente, sono stati osservati alti valori di OA nelle validazioni provinciali. L'analisi dell'UA ha indicato che le province di Viterbo e Latina hanno mostrato errori di commissione più significativi, probabilmente a causa della rilevante presenza di frutteti. Per quanto riguarda l'altitudine, il valore di OA più alto è stato ottenuto per le aree sopra i 600 m s.l.m., sebbene sia stato notato un elevato errore di commissione e l'assenza di errori di omissione. L'analisi dell'accuratezza delle singole classi EMP ha indicato che l'UA era inferiore alla PA, suggerendo una sovrastima delle EMP.

**Tabella 19** Metriche di accuratezza per la mappa EMP-UN a 2.5 metri per differenti macroaree

| <b>Validazione basata su</b> |                     | <b>Numero di Test Points</b> | <b>OA (%)</b> | <b>UA (%)</b> | <b>PA (%)</b> |
|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Regione Lazio                |                     | 3430                         | 86.7          | 72.2          | 90.5          |
| Uso del suolo                | Insediamenti        | 191                          | 82.7          | 85.2          | 88.9          |
|                              | Aree Agricole       | 1474                         | 73.7          | 70.4          | 91.3          |
|                              | Altri usi del suolo | 1765                         | 98.0          | 75.9          | 83.0          |
| Province                     | Viterbo             | 735                          | 77.9          | 60.7          | 85.0          |
|                              | Roma                | 1085                         | 87.6          | 79.1          | 89.0          |
|                              | Rieti               | 625                          | 93.1          | 77.9          | 90.7          |
|                              | Latina              | 424                          | 77.1          | 57.6          | 96.7          |
|                              | Frosinone           | 561                          | 96.6          | 92.0          | 97.2          |
| Fasce altimetriche (m.l.m)   | <300                | 1805                         | 80.7          | 70.9          | 89.1          |
|                              | 300–600             | 1177                         | 92.1          | 77.0          | 94.2          |
|                              | >600                | 448                          | 96.6          | 65.5          | 100           |

#### 3.3.3.4 Mappa EMP a 5 m

I risultati dell'analisi di accuratezza della mappa EMP a 5 metri di risoluzione sono presentati in Tabella XX. Gli EMP identificati coprono un totale di 1134 km<sup>2</sup> nell'area di studio (Figura 59).



**Figura 59** Mappa degli EMP-UN prodotta nella regione Lazio. In verde si mostrano gli EMP

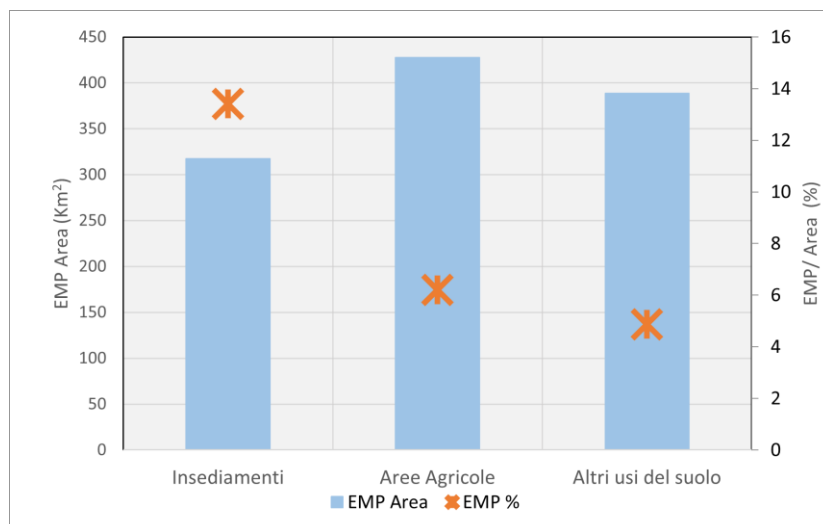
La valutazione dell'accuratezza della mappatura EMP (Tabella 20) dell'intera regione Lazio ha mostrato valori di OA elevati, comparabili a quelli della mappa con risoluzione di 2,5 m, con errori di omissione e commissione rispettivamente del 21,5% e del 18,1%. Un confronto tra UA e PA tra le mappe con risoluzione di 2,5 m e 5 m ha rivelato che l'errore di commissione associato alla mappa di 2,5 m era superiore del 6,3%, mentre l'errore di omissione per la mappa di 5 m era superiore del 7,6%. Risultati simili alla validazione della mappa SWF-UN di 2,5 m sono stati osservati nelle diverse categorie di uso del suolo, con il valore di OA più alto per la classe "Aree non insediative/Aree agricole" e il valore più basso per le "Aree agricole". L'analisi dell'UA e il confronto con la mappa EMP-UN di 2,5 m hanno mostrato una diminuzione dell'errore di commissione (-11,8%) e un aumento dell'errore di omissione (+12,8%). Tra i diversi tipi di uso del suolo, la classe "Aree non insediative/Aree agricole" ha presentato i maggiori errori di omissione, pari al 34%.

La valutazione delle matrici di accuratezza su scala provinciale per la mappa EMP-UN a 5 m ha rivelato significativi miglioramenti per la provincia di Viterbo, con una diminuzione dell'errore di commissione dal 39,3% al 19,3%, mentre l'errore di omissione è aumentato dal 15,0% al 25,4%. Un trend simile è stato osservato per la provincia di Latina, con una diminuzione dell'errore di commissione (-5,1%) e un aumento dell'errore di omissione (+13,9%), confermando l'importanza di escludere i frutteti dalla valutazione.

**Tabella 20** Metriche di accuratezza per la mappa EMP-UN a 5 metri per differenti macroaree

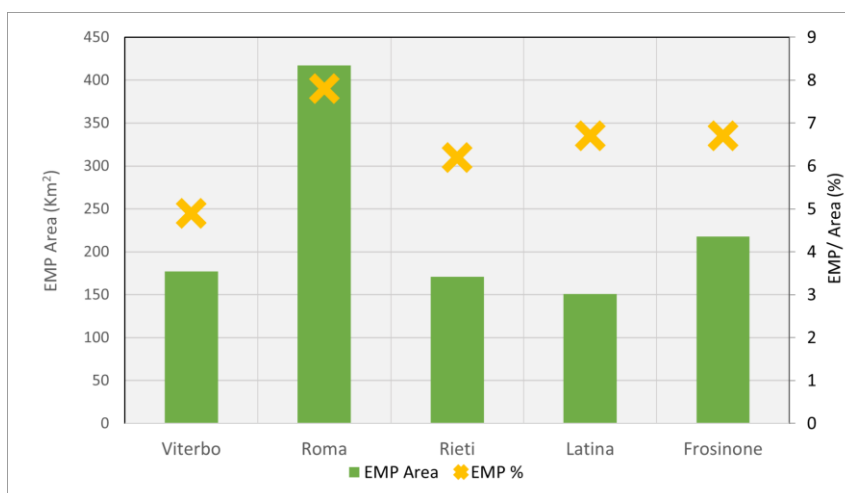
| <b>Validazione basata su</b> |                     | <b>Numero di Test Points</b> | <b>OA (%)</b> | <b>UA (%)</b> | <b>PA (%)</b> |
|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Regione Lazio                |                     | 3430                         | 86.7          | 81.9          | 78.5          |
| Uso del suolo                | Insedimenti         | 191                          | 80.1          | 85.2          | 83.8          |
|                              | Aree Agricole       | 1474                         | 77.5          | 81.8          | 78.5          |
|                              | Altri usi del suolo | 1765                         | 95.0          | 74.5          | 66.0          |
| Province                     | Viterbo             | 735                          | 84.4          | 80.7          | 74.6          |
|                              | Roma                | 1085                         | 85.8          | 82.3          | 79.2          |
|                              | Rieti               | 625                          | 91.8          | 83.7          | 79.4          |
|                              | Latina              | 424                          | 82.6          | 72.7          | 82.8          |
|                              | Frosinone           | 561                          | 88.8          | 91.7          | 78.2          |
| Fasce altimetriche (m.l.m)   | <300                | 1805                         | 82.0          | 79.5          | 78.0          |
|                              | 300–600             | 1177                         | 90.9          | 92.7          | 79.0          |
|                              | >600                | 448                          | 94.4          | 65.4          | 89.5          |

Dalla mappatura del EMP-UN è stata identificata un'area totale di 1134 km<sup>2</sup>. Si è valutata la distribuzione degli EMP individuati utilizzando macro-categorie di uso del suolo. Dalla Figura 60 si osserva che nella classe "Aree agricole" si individua una maggiore superficie di EMP (428 km<sup>2</sup>), mentre l'uso del suolo con la minore superficie investita a EMP è la classe "Insedimenti" (318 km<sup>2</sup>). Tuttavia, considerando la dimensione occupata dalle diverse macroclassi di uso del suolo, risulta che negli "Insedimenti" c'è un'alta incidenza percentuale di EMP del 13.4%. Le aree agricole invece mostrano una percentuale di EMP pari al 6.2%. La classe "Altri usi del suolo" nonostante presenti una superficie investita a EMP pari a 388km<sup>2</sup>, l'elevata estensione di tale classe comporta la più bassa incidenza percentuale di EMP, con solamente il 4.9%.



**Figura 60** Le barre del grafico indicano la superficie di EMP individuata nelle diverse macroclassi di uso del suolo, mentre i punti indicano l'incidenza percentuale degli EMP rispetto alla superficie della classe.

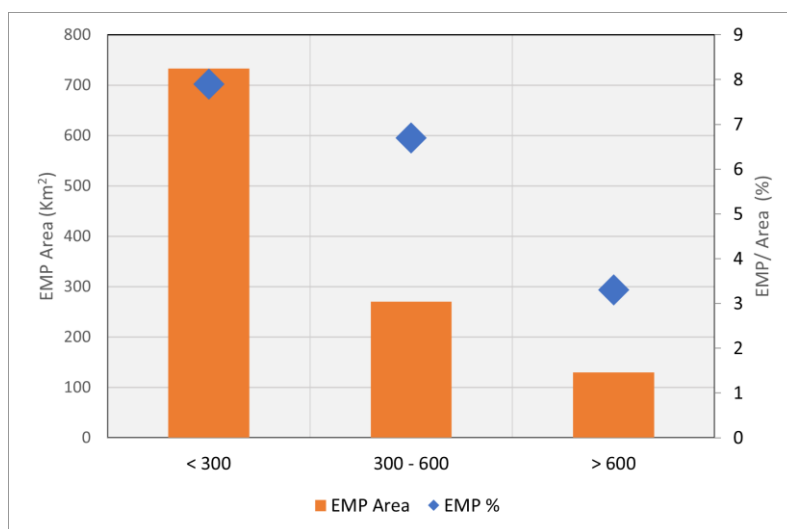
Si è valutata inoltre la concentrazione degli EMP nelle diverse province dell'area di studio (Figura 61). Dalla valutazione si osserva che la mappa degli EMP prodotta identifica nella provincia di Roma la maggiore superficie di EMP (417 km<sup>2</sup>), mentre la provincia di Latina risulta essere quella con la minor concentrazione (151 km<sup>2</sup>). Tuttavia, considerando il rapporto tra EMP e l'area totale provinciale, si osserva che Roma si conferma anche in questo caso come la provincia con maggior EMP (7.8%), mentre la provincia di Viterbo risulta essere quella con una percentuale più bassa, pari solamente al 4,9%.



**Figura 61** Le barre del grafico indicano la superficie di EMP individuata nelle diverse Province, mentre i punti indicano l'incidenza percentuale degli EMP rispetto alla superficie Provinciale.

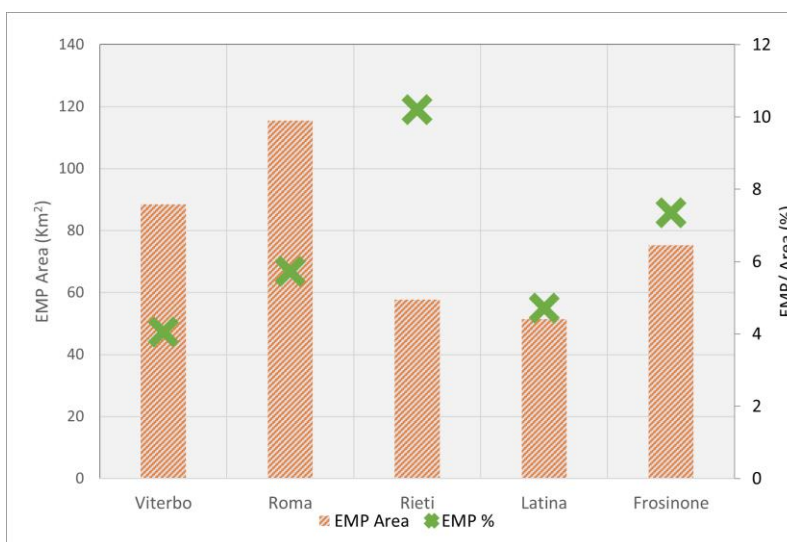
Valutando la distribuzione per le fasce altimetriche (Figura 62) si mostra che la maggiore presenza di EMP è stata identificata nei territori pianeggianti (<300 m), contando il 7,9%

dell'area. Al contrario, l'area con il livello più basso di EMP mappati è stata la fascia altimetrica della montagna (>600 m sul livello del mare), con rispettivamente il 3,3% del territorio montano.



**Figura 62** Le barre del grafico indicano la superficie di EMP individuata nelle diverse fasce altimetriche, mentre i punti indicano l'incidenza percentuale degli EMP rispetto alla superficie complessiva della classe.

Nonostante le significative differenze evidenziate dalle precedenti valutazioni, è essenziale esaminare come gli EMP siano distribuiti nelle "Aree agricole" a livello provinciale, considerando la loro cruciale funzione ecologica e le pratiche di gestione del territorio. I risultati dell'analisi degli EMP nelle "Aree agricole" di ciascuna provincia sono presentati nella Figura 63. Dall'osservazione della distribuzione percentuale degli EMP si riscontra che le aree agricole della provincia di Rieti sono quelle in cui si registra una maggiore incidenza di EMP con il 10.2%, mentre la minor incidenza si registra nel territorio agricolo della provincia di Viterbo, con solamente il 4.1%.



---

**Figura 63** Le barre del grafico indicano la superficie di EMP individuata nelle aree agricole delle diverse Province, mentre i punti indicano l'incidenza percentuale degli EMP rispetto alla superficie agricola Provinciale.

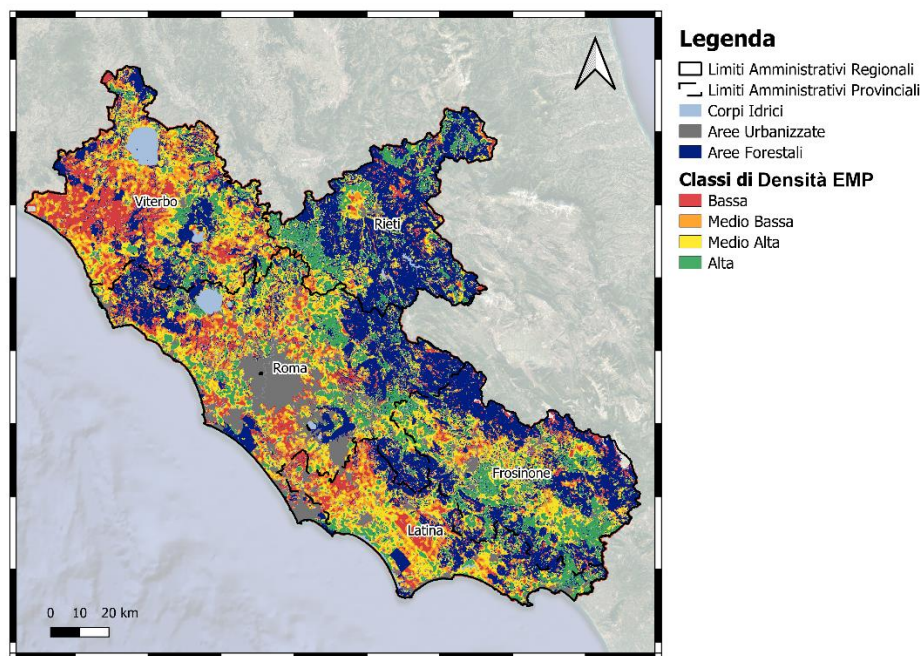
---

Dal confronto tra le Figure 61 e 63, si può osservare che, la provincia di Rieti ha mostrato una percentuale di presenza di EMP nelle aree agricole superiore rispetto all'intera superficie provinciale (+4,0%). Al contrario, per le province di Roma e Latina, è stata evidenziata una minore incidenza di EMP nelle "Aree agricole" (-2,0%).

### 3.3.3.5 Indicatore di Naturalità

Il calcolo della densità ha restituito il numero di pixel in un'area corrispondente ad 1 km<sup>2</sup>. Dall'analisi si osserva che nell'area di studio il valore minimo riscontrato è di 1 pixel per km<sup>2</sup> ad un massimo di 5345 px per km<sup>2</sup>. In Figura 64 è riportata la mappa ottenuta dalla riclassificazione utilizzando le soglie dei quartili. La classe 1 corrisponde ad aree di bassa naturalità con una densità di EMP minore di 272 px per km<sup>2</sup>, con la classe 2 si individua la classe di naturalità medio bassa con una densità di pixel compresa tra 272 e 534. La classe 3 circoscrive le aree agricole con una naturalità medio alta e la classe è compresa tra valori che vanno da 534 a 921 px per km<sup>2</sup>. Infine, la classe 4 presenta alti valori di naturalità con una densità di pixel superiore a 921 px per km<sup>2</sup>.

---



---

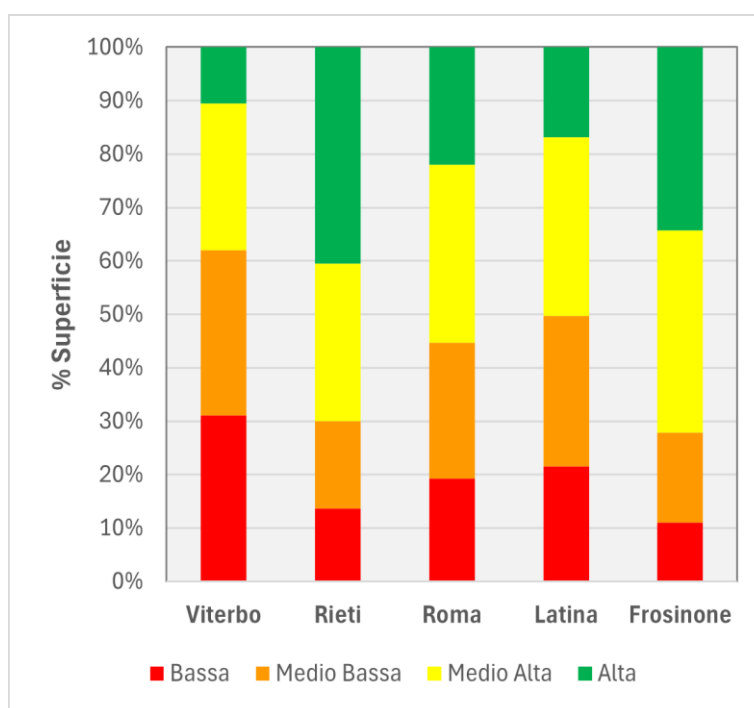
**Figura 64** Mappa di densità degli EMP

---

In Figura 65 è riportata la valutazione della suddivisione delle diverse classi di Naturalità per le province del Lazio. Dal grafico a barre si osserva come la provincia di Viterbo sia caratterizzata da una maggior diffusione delle aree a naturalità bassa e medio bassa. In particolare, dalla mappa in Figura 64, si osserva che le aree a più bassa naturalità sono situate nelle aree



pianeggianti interne, caratterizzate dalla coltivazione intensiva di seminativi. Si riscontrano dei valori di naturalità alta nelle aree prettamente collinari. Le aree di Latina e Roma mostrano una distribuzione della naturalità simile. Infatti, la classe di naturalità prevalente è quella medio alta. La provincia di Frosinone mostra la distribuzione più equilibrata di classi di naturalità, con una prevalenza di aree a naturalità alta e medio alta. Infine, la provincia di Rieti, presenta la maggiore incidenza percentuale di aree a naturalità alta. Questo può essere dovuto alle condizioni morfologiche che rendono più difficoltoso l'azione antropica sul territorio agricolo.



**Figura 65** Grafico a barre impilate con la suddivisione delle classi di naturalità per le diverse province del Lazio

### 3.3.4 Discussioni

La valutazione della naturalità di un territorio non è di semplice esecuzione alla scala vasta. Questo è dovuto alle sue caratteristiche, ovvero: è una misura multidimensionale che viene solitamente espressa mediante la quantificazione della diversità vegetale e faunistica (Brūmelis et al., 2011; Morelli et al., 2014); per questa ragione le valutazioni sono comunemente legate a porzioni di territorio circoscritte. Nonostante il processo di pianificazione gioverebbe di una quantificazione puntuale della presenza di diverse specie, che siano animali o vegetali, risulta impossibile o troppo oneroso l'ottenimento di tale informazione sulla scala regionale (Watson and Novelty, 2009).

Per ovviare a tale problema nell'attività di pianificazione si sfrutta lo stretto collegamento esistente tra la naturalità, in tutta la sua complessità, e gli elementi fisici del territorio, che sono più facilmente misurabili alla scala vasta. L'utilizzo degli elementi fisici consente anche di formulare delle metodologie di individuazione ripetibili, permettendo di monitorarli nel



tempo ed avere una misura, anche se non diretta, della naturalità del territorio (García de León et al., 2021).

Dall'analisi bibliografica della letteratura scientifica si è riscontrato che le siepi, i boschetti e la vegetazione lineare, quindi gli EMP, sono elementi misurabili del territorio che mostrano una forte correlazione con il mantenimento della naturalità. In particolare, nel territorio agricolo il mantenimento di questi elementi è spesso associato a pratiche di agricoltura biologica, pratiche di agricoltura tradizionale o a pratiche agroecologiche, quindi ad una maggiore sensibilità da parte degli agricoltori nei confronti delle tematiche ambientali (Wezel et al., 2013). Applicando il modello DPSIR alla valutazione della naturalità si può immaginare che anche in questo caso la componente prettamente ambientale influisca in maniera rilevante sulla presenza degli EMP. Tuttavia, se si sposta l'attenzione alla gestione del territorio, si può identificare come *driving force* lo svolgimento dell'attività agricola. Infatti, le dimensioni aziendali, la configurazione delle aziende e gli indirizzi economici produttivi, possono esercitare sul territorio delle pressioni più o meno intense.

Sklenicka riscontra come aziende di piccola dimensione e frammentate tendano ad utilizzare gli EMP come delimitatori dei campi, quindi tende a preservarli (Sklenicka, 2016). Mentre aziende di grandi dimensioni che svolgono un'agricoltura intensiva, eliminano gli EMP per facilitare le operazioni colturali meccaniche.

Gli impatti generati dalla presenza di una minor densità degli EMP sono collegati ad una diminuzione della biodiversità del sistema agricolo a favore dell'intensificazione agricola.

Già l'UE riconosce l'importanza della presenza degli EMP nel territorio e quindi della naturalità dei sistemi agricoli. Infatti, le strategie che vengono adottate vedono il finanziamento mediante i programmi di sviluppo rurale di specifiche misure volte alla conservazione e alla piantumazione di nuovi EMP. Proprio in questo contesto risulta di primaria importanza il monitoraggio degli EMP a scala vasta per consentire di effettuare la valutazione ciclica prevista nel DPSIR e guidare al meglio le strategie di promozione della naturalità territoriale.

Un punto di forza della metodologia proposta è la sua elevata replicabilità, resa possibile dall'utilizzo di dati RGB facilmente reperibili e di dati multispettrali open source, che ne consentono l'applicazione in diversi contesti territoriali.

La maggiore innovazione apportata con questo lavoro nell'ambito della quantificazione della naturalità riguarda il metodo di individuazione degli EMP, che si è rivelato più efficiente rispetto ad altre tecniche impiegate (Patriarca et al., 2024).

### 3.3.5 Conclusioni

L'importanza degli elementi naturali del paesaggio sul mantenimento della biodiversità e la fornitura di altri servizi ecosistemici, risulta essere sempre più riconosciuta sia in ambito accademico che dalle istituzioni.

Vista l'importanza degli EMP, l'Unione Europea ha previsto nella PAC delle misure di finanziamento per la gestione e l'implementazione di nuove EMP nel territorio dell'Unione.

Tuttavia, nonostante il ruolo chiave che gli EMP esercitino sul territorio agricolo, questi elementi non vengono monitorati dall'inventario forestale nazionale. Questo studio si inserisce proprio nella necessità di conoscere la presenza e la distribuzione degli EMP, sviluppando una metodologia che consenta di individuare tali elementi su scala vasta, senza ricorrere a costosi rilievi di campo.

L'obiettivo di questo studio era produrre un indicatore che consentisse di valutare la naturalità dell'ambiente agricolo su scala regionale. Vista la numerosità di servizi ecosistemici e la funzione paesaggistica degli EMP si è deciso di definire una metodologia che permettesse di mappare questi elementi con tecniche semi-automatiche, utilizzando sinergicamente il dato RGB ad alta risoluzione e immagini provenienti da sensori multispettrali. Il lavoro è stato sviluppato nell'ambito del processo di pianificazione necessario alla redazione del PAR della Regione Lazio. La mappa EMP prodotta ha identificato il 6,6% della regione come coperta da superfici con vegetazione naturale. La metodologia proposta ha indagato la distribuzione delle EMP in diverse sotto-aree: province, fasce altimetriche e macroclassi di uso del suolo. Dalla mappa degli EMP è stato prodotto un dato continuo per tutto il territorio regionale che fornisce un'indicazione dell'impatto esercitato dall'attività agricola su questi elementi.

La descrizione del metodo applicato e dei materiali utilizzati consente la ripetibilità del processo e la sua estensione ad altre aree di studio regionali o nazionali. Nel presente studio, sono stati ottenuti risultati confortanti nell'individuazione degli EMP, con un'OA di 0,86 e una UA di 0,82, insieme a una buona PA di 0,78.

Dalla mappa di densità derivata dal dato di EMP si osservano delle differenze su scala regionale, individuando l'agricoltura della provincia di Viterbo come quella più impattante sulla presenza di questi elementi, mentre la provincia di Rieti come quella in cui viene praticata un'agricoltura più estensiva e più attenta al mantenimento e conservazione delle siepi ed altri elementi lineari.

L'integrazione degli EMP nel PAR rappresenta un'opportunità cruciale per rafforzare il legame tra la pianificazione agricola e la sostenibilità ambientale. Grazie alla mappatura dettagliata degli EMP, ottenuta da dati *open source* o di facile reperimento per le istituzioni, è possibile monitorare il loro andamento nel tempo e fornire indicazioni precise per la gestione del territorio, identificando le aree in cui gli interventi di conservazione e ripristino sono più necessari. L'utilizzo degli EMP come indicatore della naturalità del paesaggio permette di coniugare le esigenze produttive con quelle di tutela della biodiversità, rendendo il PAR uno strumento integrato per la pianificazione territoriale e settoriale. Inoltre, la possibilità di monitorare gli EMP nel tempo offre ai *policy-maker* un quadro dinamico della salute ambientale del territorio, consentendo di adattare le politiche agricole in modo proattivo e mirato. Questa prospettiva innovativa garantisce al PAR un approccio olistico alla gestione agricola e territoriale, che favorisce un equilibrio tra sviluppo economico e sostenibilità ambientale.

### 3.4 Vulnerabilità ambientale

L'attività agricole e l'intensificazione a cui si sta assistendo negli ultimi decenni, esercita delle pressioni sul sistema ambientale. Gli impatti sul territorio di tali pressioni sono intrinsecamente legata alle sue caratteristiche, che influiscono sull'entità della pressione e sulla tipologia di vulnerabilità (Bärring et al., 2003; Borrelli et al., 2016; Gomes et al., 2003; Stoate et al., 2001). Elementi come la morfologia e le caratteristiche chimico-fisiche-biologiche dei suoli, costituiscono i fattori che contribuiscono a rendere un paesaggio più o meno vulnerabile ai diversi fenomeni di degradazione ambientale legati allo svolgimento dell'attività agricola.

La moderna agricoltura, con l'obiettivo di aumentare le produzioni per sfamare una popolazione mondiale in crescita (Curson, 2012), si avvale di fertilizzanti, liquami e fitofarmaci, che veicolati dall'acqua, rappresentano una pressione sull'ambiente (Infascelli et al., 2009; Louwagie et al., 2011; Stoate et al., 2001; van der Werf and Petit, 2002), costituendo delle vere e proprie fonti di inquinamento diffuso sul territorio (Jian-jun, 2010).

I principali processi connessi all'attività agricola che impattano sull'ambiente includono la perdita di nutrienti (Arheimer and Lidén, 2000; Bechmann et al., 2002), l'inquinamento delle acque (van der Werf and Petit, 2002), la perdita di biodiversità (Pacini et al., 2003; Stoate et al., 2001) e l'erosione del suolo (Borrelli et al., 2016; Holmes et al., 2012).

Questi effetti, in particolare il trasporto di azoto (N) e fosforo (P), portano a eccessivi apporti di nutrienti e al deterioramento della qualità delle acque superficiali (Liu et al., 2020), e nei casi più gravi anche all'eutrofizzazione con effetto diretto sulla flora e sulla fauna (Arheimer and Lidén, 2000; Stoate et al., 2009) e sull'uso dell'acqua per il consumo umano e per agricolo (Carpenter et al., 1998; Ouyang et al., 2018).

L'effetto dell'insieme di questi processi prende il nome di degradazione ambientale (Johnson et al., 1997). Quindi, la suscettibilità di un territorio alle perturbazioni dovute allo svolgimento dell'attività agricola (Adger, 2006), è legata ad un insieme di caratteristiche intrinseche dell'ambiente, che prescindono dall'uso del suolo (Darradi et al., 2012; van der Werf and Petit, 2002).

Nonostante la valutazione del diverso grado di degradazione ambientale rappresenti il primo passo per la pianificazione e gestione sostenibile del territorio, la maggior parte degli studi si concentra sull'analisi di una singola fonte di degradazione, ad esempio l'erosione del suolo (Dunjó et al., 2004; Nunes et al., 2011), l'inquinamento degli acquiferi sotterranei (Saha and Alam, 2014; Secunda et al., 1998) o la dispersione dei nutrienti (Bechmann et al., 2002).

A vantaggio della pianificazione del territorio, alcuni autori hanno impiegato l'analisi multicriteri per una valutazione complessiva dei fattori fonte di degradazione ambientale. Per esempio (Grabaum and Meyer, 1998) hanno utilizzato l'analisi multicriteri per ottimizzare l'uso del suolo partendo dalla valutazioni dei fenomeni di degradazione ambientale e della funzione produttiva agricola.

In questo capitolo per la valutazione degli impatti ambientali, viene utilizzato un approccio che integra dati ufficiali rilasciati da enti di governo del territorio e dati ottenuti dall'applicazione di modelli. Lo studio contribuisce ad individuare spazialmente le aree con una maggiore degradazione potenziale ed è in grado di produrre risultati puntuali per la formulazione sito-specifica di misure di mitigazione utilizzando le caratteristiche agronomiche del suolo e del paesaggio.

Pertanto, l'obiettivo di questa ricerca è valutare la vulnerabilità potenziale dell'ambiente nella Regione Lazio, con l'obiettivo di utilizzare la valutazione a supporto del processo di redazione del Piano Agricolo Regionale (PAR). Lo studio ha preso in considerazione tre tra i più comuni processi di degrado ambientale: erosione idrica, la presenza di elementi ambientali vulnerabili e la vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi sotterranei.

### 3.4.1 Inventario

Nella fase di inventario sono stati raccolti gli strati informativi necessari per l'identificazione delle vulnerabilità ambientali dell'area di studio. I dati utilizzati sono: il Modello Digitale di Elevazione (DEM), l'uso del suolo LPIS (European Court of Auditors, 2016), la carta della tessitura e la carta di contenuto di carbonio organico dei suoli prodotte dal CREA (Napoli et al., 2015), la carta di conducibilità idraulica alla saturazione elaborata da JRC, la perimetrazione delle Zone Vulnerabili da Nitrati (ZVN) e i bacini idrografici in cui sono presente degli elementi ambientali vulnerabili.

#### 3.4.1.1 DEM

Per la produzione della carta delle pendenze si è impiegato come dato di base il Modello Digitale di Elevazione (DEM) Tinitaly. Il DEM Tinitaly copre l'intero stato italiano ed è stato prodotto utilizzando fonti non omogenee di dati (in termini di fonti, densità e accuratezza). I dati di elevazione in ingresso includono curve di livello e punti quotati derivati dalle carte topografiche regionali italiane, punti GPS, dati LIDAR e da rilievi a terra. Il DEM è stato scaricato dal sito <http://tinitaly.pi.ingv.it> e viene fornito con una risoluzione di 10 metri e con un'accuratezza verticale media nel Lazio di circa 5m (Tarquini et al., 2007; Tarquini and Nannipieri, 2017). Dal DEM tramite il software QGIS 3.16 sono stati derivate: la Carta delle Pendenze con la quale è stata calcolato il fattore di pendenza e la lunghezza dei pendii.

#### 3.4.1.2 LPIS

Il dato LPIS è una carta di uso del suolo prodotta in Europa per tutti gli Stati afferenti all'Unione Europea. La tecnica utilizzata per la realizzazione vede l'impiego di dati ad alta risoluzione da telerilevamento satellitare o aereo, mentre l'unità cartografata di riferimento può variare nei diversi stati. Le unità utilizzate sono:

- la particella agricola, ovvero, i campi agricoli differenziati per coltura e proprietario;
- Particella catastale: basato sulla proprietà, può comprendere una o più colture;

- Blocco aziendale: Un unico agricoltore con uno o più colture. La delimitazione delle particelle non tiene conto di confini naturali;
- Blocco fisico/topografico: Uno o più agricoltori, tiene conto di elementi che delimitano le particelle (fossi, siepi ecc.), può comprendere una o più colture.

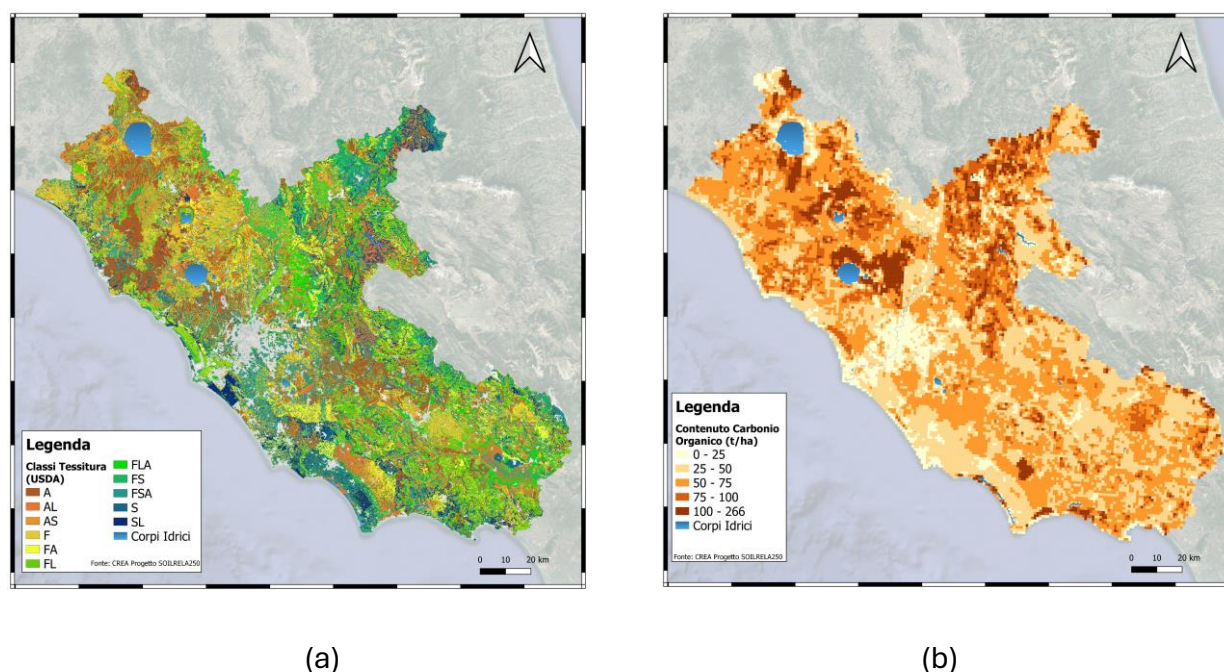
Il LPIS è stato convertito in raster con una risoluzione spaziale di 5 m utilizzando il software QGIS 3.16 ed è stato utilizzato per produrre una maschera del solo territorio agricolo.

### 3.4.1.3 Tessitura e contenuto di carbonio organico

Con il progetto SOILRELA250 il Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA) ha prodotto la Mappa dei Suoli del Lazio alla scala 1:250000 (Napoli et al., 2015). Strati intermedi del processo di produzione di tali mappe sono focalizzati sulla tessitura dei suoli e sul contenuto di carbonio organico. Tali dati sono ancora in corso di validazione.

La Mappa della tessitura dei suoli (TC) viene fornita in formato raster con una risoluzione geometrica di 100m. Tale dato è stato derivato dai dati provenienti da 1700 profili pedologici tramite tecniche di regressione geostatistica, utilizzando come covariate le caratteristiche classiche della pedogenesi (Morfologia, uso del suolo, geologia e clima). In Figura 66a si mostra la mappa della tessitura suddivisa nelle classi tessiturali definite dalla *United States Department of Agriculture* (USDA).

Il dato del carbonio organico dei suoli (CO) viene fornito in formato vettoriale e l'unità minima di riferimento è la cella della griglia INSPIRE, ovvero di 1 km<sup>2</sup>. Il dato viene espresso in tonnellate ad ettaro e rappresenta una stima del carbonio organico alla profondità di 30 cm, ottenuto dai campioni di suolo analizzati. La mappa viene mostrata in Figura 66b.



**Figura 66** con a) si mostra la mappa della tessitura dei suoli classificata in base alle classi

---

tessiture USDA. La lettera b) indica la mappa del contenuto di carbonio organico dell'area di studio.

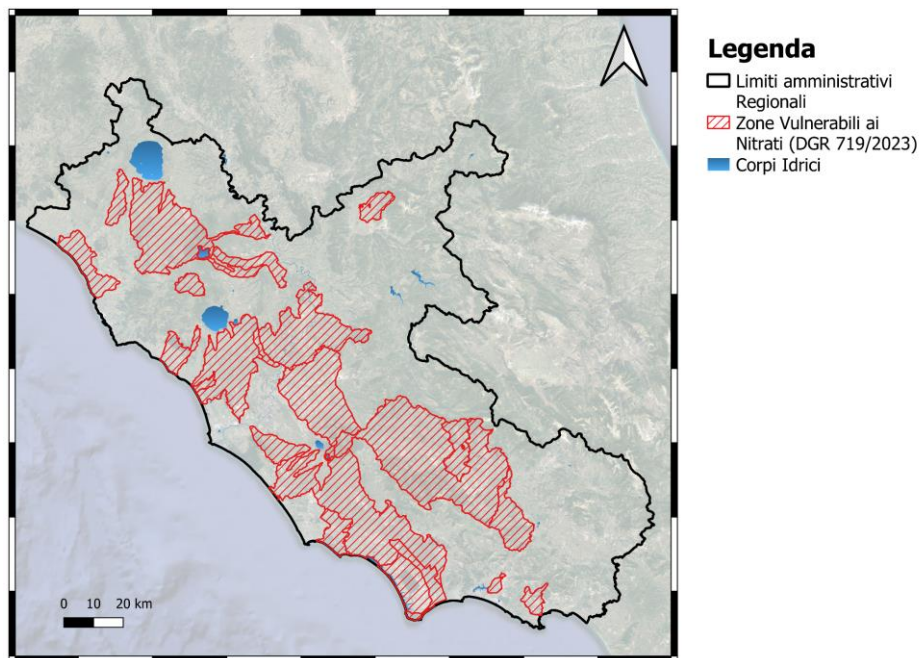
---

#### 3.4.1.4 Conducibilità idraulica (KS)

Il *Joint Research Centre (JRC)* utilizzando la *European pedotransfer functions* (Tóth et al., 2015) ha prodotto delle mappe delle caratteristiche idrauliche del suolo a scala Europea (Tóth et al., 2017). La funzione di *pedotransfer*, a partire da caratteristiche fisiche e chimiche del suolo, va a modellizzare le caratteristiche idrologiche del suolo, quali: contenuto d'acqua a saturazione, conducibilità idraulica a saturazione, contenuto d'acqua alla capacità di campo e punto di appassimento. Il dato è stato prodotto utilizzando le informazioni del suolo fornite dal database SoilGrids250m (Hengl et al., 2017), che forniscono informazioni sulle caratteristiche fisiche e chimiche del suolo a diverse profondità. Dal sito <https://esdac.jrc.ec.europa.eu> è stato scaricato il raster della conducibilità idraulica a saturazione con una risoluzione di 250 metri.

#### 3.4.1.5 ZVN

La norma comunitaria di riferimento in materia di inquinamento delle acque da nitrati di origine agricola è rappresentata dalla Direttiva 91/676/CEE, nota come “Direttiva Nitrati”. Questa direttiva mira a prevenire concentrazioni elevate di nitrati nelle acque, limitando gli effetti inquinanti dell'agrozootecnica intensiva, ed a ridurre l'uso di fertilizzanti chimici. Con la Deliberazione n. 719 del 14 novembre 2023, è stata presentata l'aggiornamento delle Zone Vulnerabili da Nitrati di origine agricola della Regione Lazio, ai sensi dell'art. 92 del D. Lgs.152/2006 e la conferma delle Zone Vulnerabili da Nitrati di origine agricola individuate con D.G.R. 523 del 30 luglio 2021. L'aggiornamento è stato effettuato in seguito ai rilievi dell'Agenzia Regionale di Protezione Ambientale (ARPA). Il dato vettoriale delle ZVN aggiornate è stato scaricato dal Geoportale della Regione Lazio (<https://geoportale.regione.lazio.it/>). Con il software QGIS 3.16, il dato è stato reso raster (Figura 67).



**Figura 67** Zone Vulnerabili ai Nitrati nell'area di studio

#### 3.4.1.6 Presenza di elementi vulnerabili

Il dato vettoriale dei bacini idrografici è stato scaricato dal portale SIRA dell'ARPA della Regione Lazio. Per l'attività di monitoraggio, l'ARPA ha prodotta una mappa dei bacini idrografici secondari con l'impiego di un DEM e attraverso delle analisi GIS. Per isolare i bacini idrografici necessari alla valutazione della vulnerabilità in questo studio, si sono selezionati tutti i bacini idrografici nella quale ricade almeno un corpo lacustre. L'analisi è stata condotta utilizzando il software Qgis 3.16 (QGIS Development Team, 2024).

#### 3.4.2 Analisi

La fase di analisi è finalizzata alla produzione di uno strato binario del territorio che si riferisca ad aspetti di vulnerabilità. La Vulnerabilità valutata in questo studio prende in considerazione diverse componenti: la predisposizione potenziale al fenomeno dell'erosione, la vulnerabilità ai nitrati degli acquiferi sotterranei e la vulnerabilità dovuta alla presenza dei corpi idrici lacustri. Questa sezione si suddivide in due fasi:

- Definizione della vulnerabilità potenziali al fenomeno dell'erosione: in questa fase verrà prodotto un indice che tenga conto solo delle caratteristiche strutturali del territorio, non considerando i fattori che sono soggetti a cambiamenti;
- Indice di vulnerabilità: la vulnerabilità potenziale all'erosione è stata combinata con la vulnerabilità ai nitrati e dei bacini idrografici lacustri mediante l'operazione di sovrapposizione.



### 3.4.2.1 Vulnerabilità potenziale all'erosione

Per valutare la predisposizione potenziale all'erosione a scala regionale si è utilizzato l'approccio modellistico. Tra i modelli più applicati è stato selezionato il modello *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) (Renard, 1997) che è la derivazione della USLE (*Universal Soil Loss Equation*) di (Wischmeier and Smith, 1978). Il risultato della RUSLE è la stima della quantità di suolo eroso ad ettaro in un anno. L'equazione RUSLE è presentata come segue [13]:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

dove: A è la perdita di suolo in tonnellate per ettaro, R è l'indice di erosività della pioggia, K rappresenta l'indice di erodibilità del suolo, L rappresenta la lunghezza del pendio, S è il fattore di pendenza del pendio, C rappresenta il fattore di gestione della copertura del suolo e P rappresenta il fattore delle pratiche antropiche per la mitigazione. Tra i fattori della RUSLE sono stati selezionati solamente quelli sulla quale l'azione antropica non va ad interferire o che possiamo considerare più stabili nel tempo. La formula proposta è:

$$Vulnerabilità Potenziale (Vp) = K * L * S$$

Si è scelto di analizzare il fattore L, il fattore S ed il fattore K. Per il calcolo dei fattori L ed S si è utilizzata la formula proposta da (Moore and Wilson, 1992), che permette di calcolare il fattore aggregato LS (fattore morfologico). La scelta è ricaduta su tale formula per la sua semplicità di applicazione in ambiente GIS tramite l'utilizzo di un DEM. La formula utilizzata è la seguente:

$$Fattore\ LS = \left( \frac{Fa * Cs}{22.13} \right)^m * \left[ \left( \frac{\sin(Sr)}{0.0896} \right)^{1.4} \right]^{(m+1)}$$

dove: Fa indica la *Flow accumulation*, ovvero il numero di celle in un raster che contribuiscono al flusso di acqua in una particolare cella; Cs è la dimensione della cella del DEM, Sr è la pendenza espressa in radianti ed m è un coefficiente che dipende dalla pendenza.

Prima di calcolare il fattore LS, al DEM è stato mascherato il suolo ad uso non agricolo utilizzando l'uso del suolo LPIS. Il ritaglio dei terreni agricoli e quindi l'esclusione dal calcolo di accumulo delle acque superficiali dei terreni, ha permesso di simulare l'effetto di interruzione di deflusso dei terreni saldi e delle aree urbanizzate. Per determinare il coefficiente m, si sono utilizzati i valori proposti da (Bazzoffi, 2007).

Il fattore di erodibilità del suolo (K) è una misura empirica dell'erodibilità del suolo dovuta alle sue caratteristiche intrinseche (Fu et al., 2005). Esprime la suscettibilità del suolo all'erosione e dipende dalle proprietà chimico-fisiche del suolo, come la struttura, la tessitura, il contenuto di sostanza organica e la permeabilità. Per calcolarlo è stata utilizzata l'equazione di proposta da (Renard, 1997) modificata, derivata da quella proposta da (Wischmeier and Smith, 1978):

$$K = \frac{(2.77 * 10^{-7}) * M^{1.14} * (12 - \%OM) + 0.0043 * (S - 2) + 0.0033 * (P - 3)}{10}$$

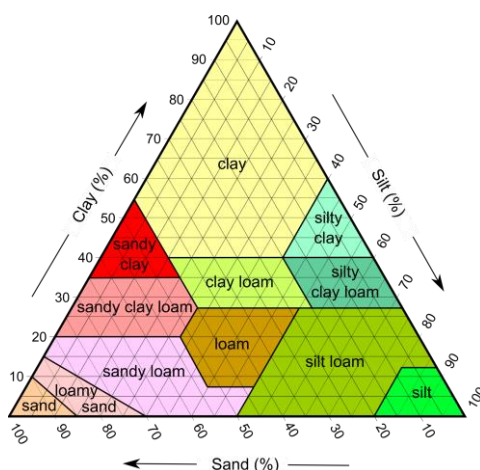


dove: %OM è la percentuale di sostanza organica nel suolo, S è la struttura del suolo codificata da 1 a 4, P è la permeabilità del suolo codificata da 1 a 6 e M esprime il contenuto di limo e sabbia nel suolo e viene calcolato con la relazione:

$$M = (\% \text{ Limo} + \% \text{ Sabbia fine}) * (100 - \% \text{ Argilla})$$

Per calcolare la percentuale di sostanza organica del suolo è stato utilizzato il dato CO che esprime il carbonio organico in peso. Il carbonio organico rappresenta in media circa il 58% della sostanza organica; quindi, moltiplicando il carbonio organico per il coefficiente di 1.72, si stima la sostanza organica.

Il dato TC, classificato in base al triangolo della tessitura dell'USDA, è stato utilizzato per derivare le percentuali di sabbia, limo e argilla dei suoli. Per far questo è stata fatta una semplificazione, ad ogni classe tessiturale sono stati assegnati i valori percentuali delle componenti del suolo, utilizzando i valori del punto centrale della classe corrispondente del triangolo della tessitura (Figura 68).



**Figura 68** Triangolo della tessitura USDA

Per stimare il contenuto di sabbia molto fine si è utilizzata la relazione proposta da (Gregori et al., 2005), con l'equazione:

$$VFS\% + limo\% = 0.671 * S - 0.005 * S^2 + 1.063 * L - 4.141$$

dove S è la percentuale di sabbia e L quella di limo.

Per la struttura dei suoli, si è utilizzata la classificazione dello strato dei suoli europei SGDBE ESDAC JRC (<https://esdac.jrc.ec.europa.eu>) che stabilisce 5 classi di struttura. Per la determinazione delle sei classi di permeabilità si è utilizzato il dato della conducibilità idraulica satura. Per la suddivisione del dato in 6 classi che esprimessero la permeabilità del suolo si è impiegata la distribuzione di frequenza del dato. La classe 1 indica rapidità permeabilità, mentre la classe 6 indica una permeabilità molto lenta. Il dato è espresso in mm/h.

Disponendo di tutti i fattori si è calcolata la vulnerabilità potenziale all'erosione. Utilizzando i terzi la mappa prodotta è stata suddivisa in tre classi: vulnerabilità bassa, vulnerabilità media, vulnerabilità alta. Si è isolata la vulnerabilità alta ed è stata convertita in vettore.

#### 3.4.2.2 Indice di vulnerabilità

Con l'indice di vulnerabilità si vogliono individuare le porzioni di territorio dell'area di studio su cui insistono una o più vulnerabilità. Per questa ragione l'indice è stato ottenuto in seguito all'applicazione dell'analisi multicriteri non pesata dei singoli strati di vulnerabilità, ottenendo due diversi dati: un dato binario con aree vulnerabili e non, ed un secondo dato che consente di osservare le diverse tipologie di vulnerabilità che insistono sul territorio.

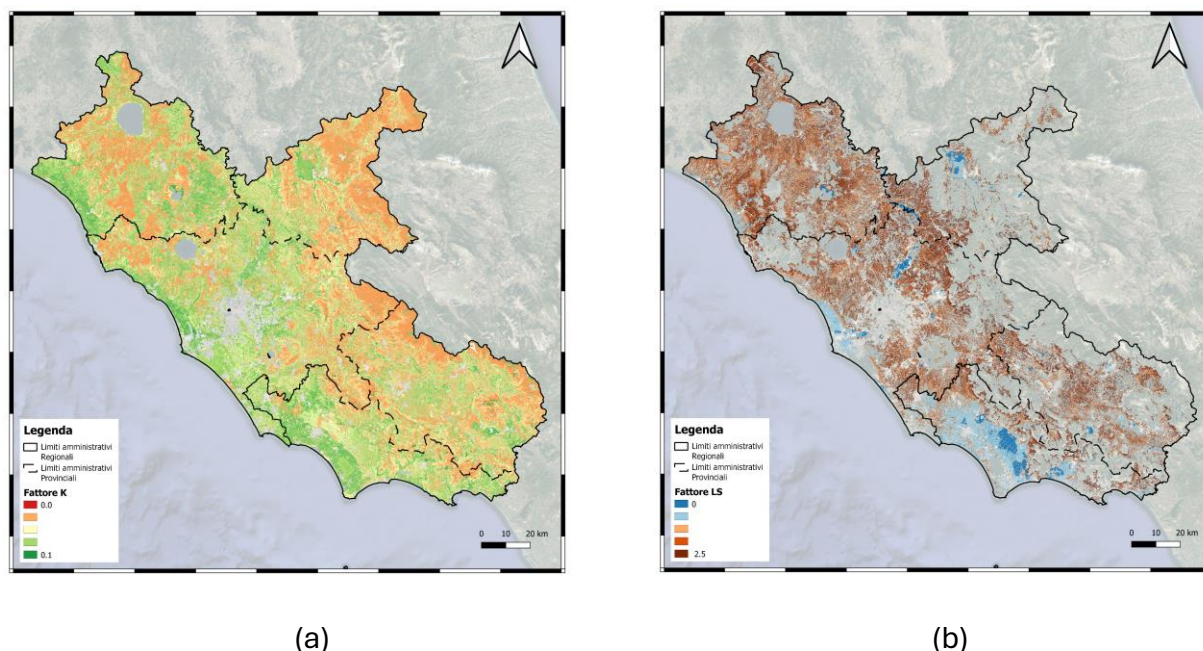
### 3.4.3 Risultati

Come precedentemente menzionato si è prodotto l'indicatore di vulnerabilità potenziale all'erosione, valutandone la consistenza delle diverse classi e la distribuzione sul territorio. Tale analisi è stata condotta anche per le ZVN ed i bacini idrografici lacustri. Gli indicatori combinati tra loro sono stati utilizzati per individuare le zone prive di vulnerabilità e le aree con diversi livelli di vulnerabilità.

#### 3.4.3.1 Distribuzione delle vulnerabilità

Le vulnerabilità di cui si è tenuto conto in questo studio sono di tre tipologie: vulnerabilità potenziale all'erosione, le ZVN e la vulnerabilità intrinseca per la presenza di corpi idrici lacustri.

In Figura 69 sono riportate le mappe dei fattori K e LS utilizzate per l'ottenimento della vulnerabilità del suolo all'erosione. Il fattore K, che esprime l'erodibilità dei suoli, mostra dei valori più alti dell'indice nelle aree costiere prettamente pianeggianti. Questo risultato è legato alla presenza di suolo più sciolto e sabbioso, che risulta essere più facilmente erodibile (Evans, 1990). In contrasto agli alti valori del fattore K, si osserva che le stesse aree, vista la loro morfologia, presentano valori prossimi allo 0 per il fattore morfologico LS. Il fattore LS tende ad avere una proporzionalità con l'aumentare della pendenza (Kukal et al., 1991).

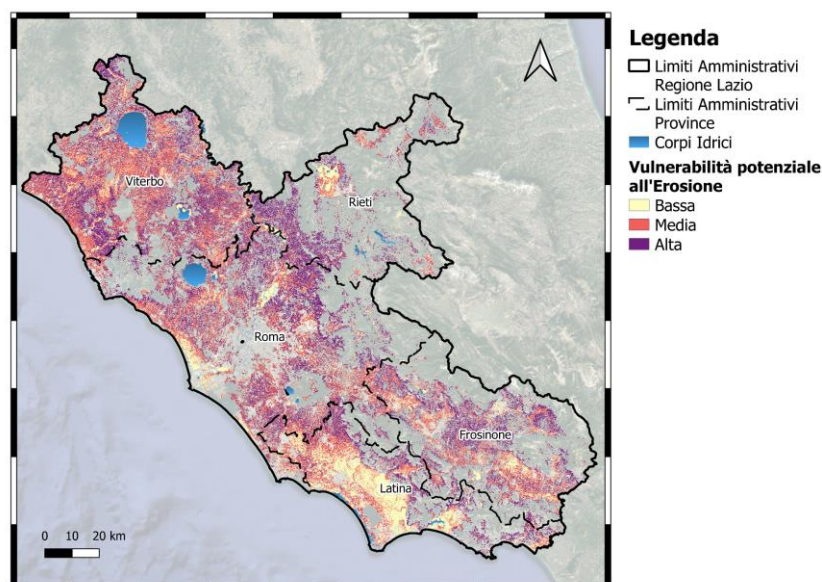


**Figura 69** Con (a) si mostra il fattore di erodibilità del suolo K. Con la (b) si riporta il fattore morfologico LS

Nella Figura 70 è riportato l'indice di vulnerabilità potenziale all'erosione, suddiviso in tre classi basate sulla distribuzione dei dati in terzili. È evidente come la morfologia del territorio influenzi significativamente il fenomeno: le aree costiere pianeggianti presentano una vulnerabilità bassa o media, mentre nelle aree collinari si osserva un incremento della vulnerabilità, con una prevalenza della classe alta.

A livello regionale, il valore mediano di vulnerabilità calcolato per le aree agricole è pari a 0.01, rientrando nella classe di vulnerabilità media. Analizzando la distribuzione delle classi di vulnerabilità nelle aree agricole delle diverse province, si rileva che Rieti presenta la maggiore estensione di superficie con alta vulnerabilità (50.9%). Le province di Roma e Frosinone seguono con il 41.1% e il 42.2% rispettivamente, mentre Latina presenta la percentuale più bassa di territorio in questa classe (23.2%). La provincia di Viterbo mostra una distribuzione quasi uniforme tra le tre classi, con il 37.5% del territorio caratterizzato da alta vulnerabilità, un altro 36.6% da media vulnerabilità, e il restante 25.9% da bassa vulnerabilità.

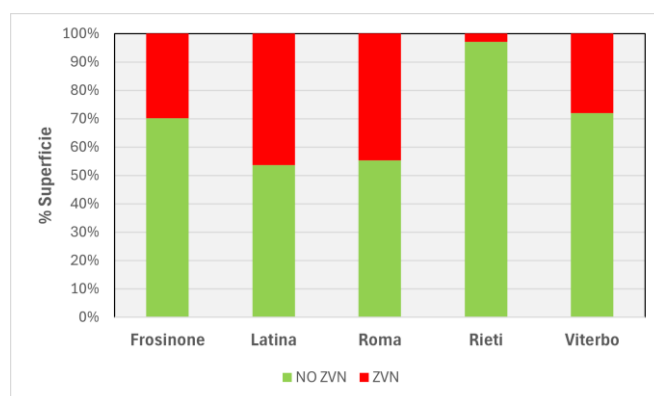
Questi risultati sono strettamente legati alla morfologia: nelle province di Rieti, Roma e Latina, le aree collinari mostrano un'alta vulnerabilità, mentre le aree costiere pianeggianti sono meno vulnerabili all'erosione. La provincia di Viterbo, prevalentemente collinare, è caratterizzata da una distribuzione più equilibrata tra le diverse classi di vulnerabilità. Tuttavia, anche le aree con bassa vulnerabilità all'erosione possono essere soggette ad altre forme di vulnerabilità specifiche del territorio.



**Figura 70** Vulnerabilità potenziale all’erosione

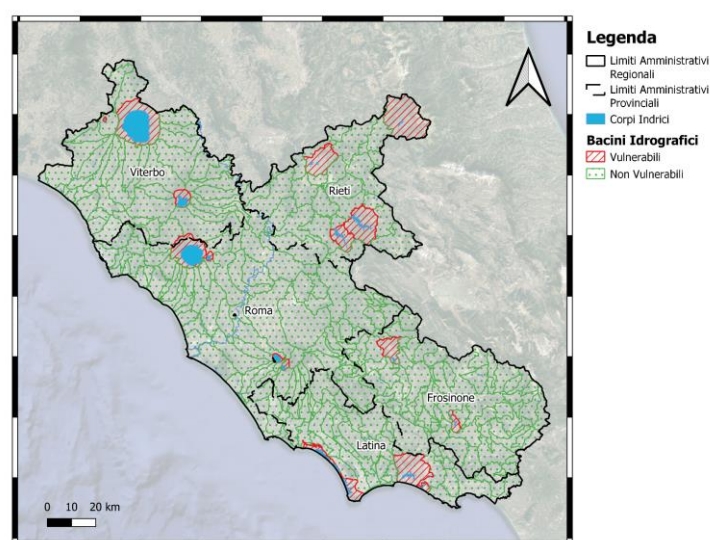
Valutando la vulnerabilità del territorio rispetto ai nitrati, si osserva che il 32% dell'area di studio è classificato come ZVN. A livello provinciale, la situazione è opposta rispetto alla vulnerabilità all'erosione (Figura 71). In provincia di Latina, il 46% del territorio è stato perimetrato come ZVN, concentrato principalmente nell'area costiera pianeggiante, questo è un risultato atteso in quanto le pianure alluvionali sono generalmente più soggette dall'inquinamento da nitrati (Cinnirella et al., 2005; Mastrocicco, 2011).

Anche la provincia di Roma presenta un'elevata percentuale di ZVN, con il 44,7% del territorio provinciale. Le province di Viterbo e Frosinone hanno rispettivamente il 28% e il 29,8% del territorio classificato come ZVN. Infine, la provincia di Rieti è quasi priva di aree con questa vulnerabilità, con solo il 3% della superficie classificata come ZVN, localizzata principalmente nell'area pianeggiante destinata alla coltivazione di seminativi.



**Figura 71** Percentuale di aree ZVN per Provincia

La vulnerabilità intrinseca per la presenza di corpi idrici lacustri è circoscritta a 17 bacini idrografici presenti nella Regione Lazio, per un totale di superficie occupata di 222.2 km<sup>2</sup> (Figura 72). Valutando la distribuzione dei corpi idrici nelle diverse province si osserva che la provincia con maggior superficie occupata da corpi idrici lacustri è Viterbo con 127 km<sup>2</sup>, mentre quella con la minor superficie è Rieti con solo 2.2 km<sup>2</sup>. Tuttavia, valutando l'estensione dei bacini idrografici, la provincia di Rieti presenta una maggiore superficie occupata da bacini idrografici ritenuti vulnerabili, con 558.7 km<sup>2</sup>. La Provincia con la minor superficie vulnerabile è Roma con 110.3 km<sup>2</sup> di bacini identificati come vulnerabili, nonostante siano presenti 67 km<sup>2</sup> di laghi.

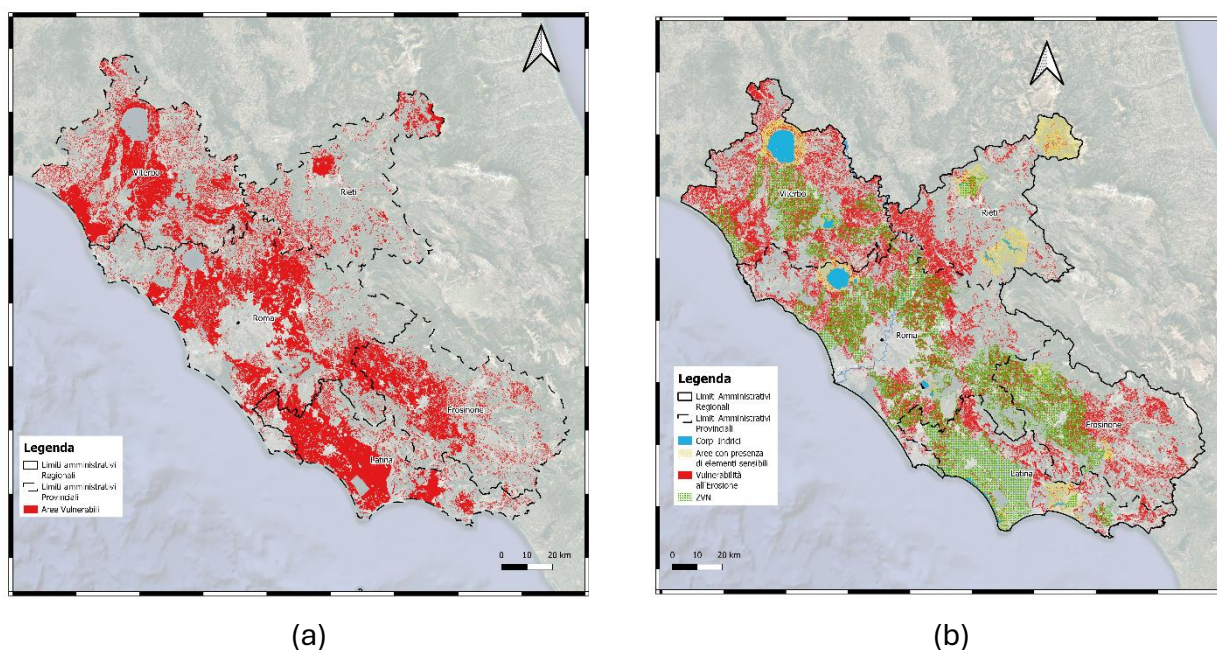


**Figura 72** Bacini idrografici sensibili

#### 3.4.3.2 Indice di vulnerabilità

In Figura 73a si mostra la mappa delle aree vulnerabili distinguendo le diverse vulnerabilità. Dall'analisi risulta che il 57.8% del territorio agricolo è vulnerabile per almeno uno degli aspetti valutati. La provincia che manifesta la maggiore superficie vulnerabile è Latina con 69.7%, seguita da Roma con 66.6%. Le Province di Viterbo e Frosinone mostrano una percentuale di territorio agricolo vulnerabile rispettivamente di 54.7% e 48.9%. In Figura 73b si riporta la sovrapposizione delle tre vulnerabilità identificate, consentendo di valutare le vulnerabilità separatamente e di identificare le eventuali sovrapposizioni.





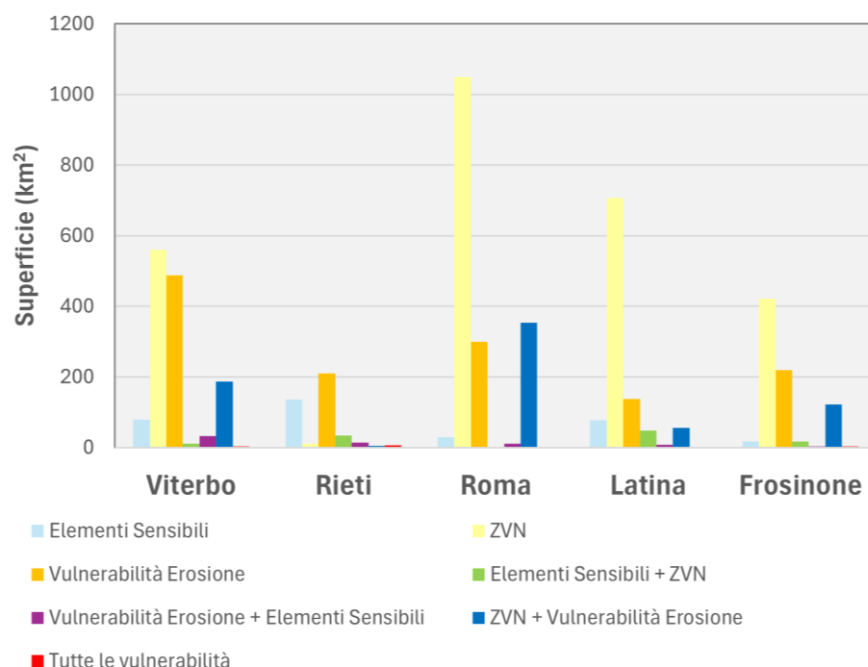
**Figura 73** con la a) si mostra la mappa delle aree vulnerabili in rosso. La b) riporta la Mappa delle Aree Vulnerabili, in rosso è riportata la vulnerabilità all'erosione, in verde le ZVN ed in giallo la presenza di elementi di sensibilità

Dalla valutazione è stata prodotta la Figura 74, che illustra le consistenze delle superfici soggette alle diverse vulnerabilità e la loro coesistenza. In particolare, in provincia di Viterbo, le Zone Vulnerabili a Nutrienti (ZVN) sono le più diffuse, con  $560 \text{ km}^2$ , seguite dalla vulnerabilità all'erosione con  $487 \text{ km}^2$ . La presenza di elementi sensibili interessa  $78 \text{ km}^2$ . Inoltre, si riscontrano  $187 \text{ km}^2$  su cui coesistono sia la vulnerabilità all'erosione che le ZVN; solo  $3,8 \text{ km}^2$  presentano tutte e tre le tipologie di vulnerabilità.

In provincia di Rieti, la vulnerabilità più diffusa è quella all'erosione, con  $209 \text{ km}^2$ , seguita dalla presenza di elementi sensibili con  $135 \text{ km}^2$ . In Provincia di Roma, la vulnerabilità maggiormente presente è l'inquinamento della falda acquifera, con  $1049 \text{ km}^2$  classificati come ZVN. Anche la vulnerabilità all'erosione è molto diffusa, con  $299 \text{ km}^2$ . Un totale di  $353 \text{ km}^2$  presenta sia la vulnerabilità all'erosione che alla lisciviazione di nutrienti in falda.

In provincia di Latina, a causa delle caratteristiche morfologiche, sono classificati come ZVN  $706 \text{ km}^2$ . L'area con maggiore vulnerabilità all'erosione è di soli  $136 \text{ km}^2$ , la minore in tutta la regione. Infine, la provincia di Frosinone presenta un comportamento simile a quello della Provincia di Roma, con  $421 \text{ km}^2$  classificati come ZVN e  $219 \text{ km}^2$  vulnerabili all'erosione. Queste vulnerabilità coesistono su  $122 \text{ km}^2$ .

A livello regionale, le tre vulnerabilità non si presentano spesso congiuntamente; infatti, solo  $14 \text{ km}^2$  mostrano la predisposizione alla coesistenza dei tre fenomeni degradativi analizzati.



**Figura 74** Grafico a barre in cui si mostra la superficie per ogni tipologia di vulnerabilità

### 3.4.4 Discussioni

La vulnerabilità di un sistema ambientale è influenzata da due fattori chiave: la pressione esercitata dalle attività agricole e la sensibilità del sistema a tali pressioni. In questo lavoro è stata condotta un'analisi finalizzata alla valutazione della vulnerabilità intrinseca dei sistemi ambientali rispetto a tre fenomeni di degrado territoriale: l'erosione idrica, la presenza di elementi ambientali vulnerabili e l'inquinamento delle falde acquifere. La scelta degli indicatori per la valutazione delle variabilità ambientali si basa sulla possibilità di utilizzare la matrice "acqua" come cartina tornasole dello stato dei sistemi ambientali. I corpi idrici, siano essi superficiali o sotterranei, rappresentano infatti degli elementi sensibili nell'evidenziare le conseguenze di una gestione territoriale inadeguata. L'attenzione dedicata dagli enti al monitoraggio dei corpi idrici, combinata con le valutazioni condotte in questo lavoro, costituisce un'importante opportunità per validare il metodo proposto. Inoltre, gli indicatori impiegati sono derivati da elementi fisici del territorio, il che rende la metodologia facilmente replicabile ed esportabile. Applicando la logica del modello DPSIR, le principali *driving forces* sono rappresentate dalle caratteristiche intrinseche del sistema, che determinano la sua resilienza o vulnerabilità rispetto alle pressioni antropiche. Queste caratteristiche includono, ad esempio, la composizione del suolo, la pendenza del terreno e la presenza di elementi naturali come le fasce tampone. Un sistema resiliente può meglio contrastare l'impatto delle attività agricole, riducendo i rischi di degrado ambientale.

Le pressioni nel contesto della vulnerabilità ambientale dei territori agricoli derivano principalmente dalle pratiche di gestione agricola (Sravani Pericherla, 2023). Tra queste, possiamo individuare diverse tipologie di pressione, come l'errata gestione del suolo, l'uso

eccessivo di fitofarmaci o fertilizzanti, e la scelta di colture non idonee alle caratteristiche del sito. Nella valutazione condotta, ogni processo di vulnerabilità presenta una diversa entità di pressione rispetto alle varie pratiche di gestione del suolo, con impatti specifici su erosione, qualità delle acque e fertilità del terreno.

Gli impatti generati da queste pressioni possono essere molteplici. Nel caso dell'erosione, ciò può comportare una perdita economica per gli agricoltori, la riduzione della fertilità del suolo e l'inquinamento dei corpi idrici, favorendo fenomeni come l'eutrofizzazione. Per gli elementi ambientali sensibili, come i corpi idrici lacustri, gli impatti includono la perdita di biodiversità animale e vegetale, l'eutrofizzazione delle acque e l'inutilizzabilità per scopi antropici. Per le falde acquifere, gli impatti principali riguardano l'inquinamento da nitrati e altre sostanze, con conseguenze sull'uso della risorsa idrica sia per attività agricole che per il consumo umano.

Le strategie di mitigazione degli impatti sono molteplici e possono essere attuate a diversi livelli. Le amministrazioni potrebbero allocare risorse finanziarie per promuovere l'adozione di tecniche agricole a basso impatto ambientale e studiate per mitigare specifici rischi. Tra queste, le soluzioni basate sulla natura (*Nature-Based Solutions*) offrono un approccio innovativo ed efficace. Ad esempio, in aree coltivate con elevata pendenza, potrebbe essere incentivato il mantenimento del suolo inerbito e l'uso di tecniche di minima lavorazione per contrastare l'erosione. Nelle aree vulnerabili ai nitrati, l'uso di colture di servizio agroecologico (*catch crops*) (Askegaard et al., 2005) e fertilizzanti a lento rilascio potrebbe ridurre l'inquinamento delle falde (Fan and Li, 2009). Per proteggere i corpi idrici, l'implementazione di fasce tampone (*buffer strips*) nelle aree a maggior rischio rappresenta una strategia essenziale (Chung et al., 2010).

Un'ulteriore strategia trasversale per ridurre la vulnerabilità ambientale è la promozione di attività di formazione e consulenza per gli agricoltori, accompagnata da attività di monitoraggio continuo. Diverse realtà, come cooperative agricole o associazioni di produttori, forniscono già servizi di consulenza a scala locale, con l'obiettivo di ottimizzare la gestione delle colture in modo sostenibile, riducendo l'impatto ambientale.

Infine, la transizione verso un'agricoltura digitale 4.0 rappresenta una strategia di lungo termine che può ottimizzare l'uso delle risorse agricole e minimizzare l'impatto ambientale (Maffezzoli et al., 2022). Attraverso l'adozione di tecnologie di precisione, l'agricoltura 4.0 consente un monitoraggio costante delle condizioni del suolo, del clima e delle colture, permettendo interventi mirati e tempestivi per ridurre l'uso eccessivo di fertilizzanti e fitofarmaci, limitando così i rischi di erosione e inquinamento.

### 3.4.5 Conclusioni

L'individuazione della vulnerabilità potenziale del territorio è diventata una questione centrale per garantire una gestione sostenibile dell'ambiente. In un contesto di crescente intensificazione agricola, risulta fondamentale guidare le attività antropiche per mantenere un equilibrio tra i servizi ecosistemici forniti dall'ambiente e la sostenibilità economica dell'attività agricola. Questo studio si è focalizzato sulla valutazione della vulnerabilità del



territorio agricolo rispetto a tre principali fenomeni causa di degrado ambientale: l'erosione del suolo, il trasporto dei nutrienti nei corpi idrici lacustri e l'inquinamento delle acque sotterranee. In particolare, è stata analizzata la vulnerabilità intrinseca del territorio, ossia quella del sistema, indipendentemente dall'attuale uso del suolo e delle condizioni climatiche. Utilizzando un approccio integrato che combina dati ufficiali e risultati ottenuti dall'applicazione della modellistica, lo studio ha identificato con precisione le aree del Lazio a maggiore sensibilità ai diversi fattori di causa di degrado ambientale. La mappatura dettagliata offre una visione chiara delle zone vulnerabili, fungendo da strumento essenziale per l'elaborazione di politiche territoriali mirate. Questo strumento si rivela particolarmente utile per la formulazione e l'incentivazione di misure specifiche di mitigazione, contribuendo a una gestione più efficace e oculata del territorio.

I risultati dello studio mostrano che la considerazione simultanea di diversi fattori di vulnerabilità può essere essenziale per una pianificazione territoriale integrata. L'approccio utilizzato, che integra l'analisi dell'erosione del suolo, l'individuazione degli elementi di sensibilità e dell'inquinamento delle acque sotterranee, fornisce una base solida per lo sviluppo di strategie di gestione ambientale più complete. Questa metodologia non solo aiuta a identificare le aree a maggiore rischio di degrado ambientale, ma offre anche una prospettiva più ampia su come le attività agricole possano essere gestite in modo più sostenibile.

Tale analisi offre ai decisori strumenti per valutare non solo la vulnerabilità intrinseca, che è una valutazione statica del sistema, ma anche la vulnerabilità reale mediante l'impostazione di analisi di scenario che tengano in considerazione anche gli elementi dinamici che interessano l'agricoltura ed il territorio in generale, quali: il clima e gli usi del suolo.

La rapidità con cui il clima sta cambiando è un tema ampiamente dibattuto e di evidente rilevanza. Nelle aree mediterranee, i cambiamenti climatici si manifestano attraverso fenomeni come l'aumento dell'intensità delle piogge e il prolungarsi di periodi di aridità (Cramer et al., 2018). Questi processi amplificano le pressioni già esistenti, accelerando i fenomeni degradativi e compromettendo i delicati equilibri dei sistemi agroambientali.

Per una corretta valutazione diacronica, è necessario tener conto anche dei trend di cambiamento di uso del suolo che si manifestano sul territorio, spesso influenzati dalle dinamiche di mercato e guidate dalle politiche di sviluppo settoriale e territoriale. Gli usi del suolo o le pratiche gestionali possono avere un duplice effetto: protettivo, come nel caso delle aree boscate o le aree pascolive estensive che riducono l'erosione (Bozali, 2020), o peggiorativo, come ad esempio nella coltura intensiva in cui il suolo è privo di cotico erboso, amplificando i fenomeni erosivi e il trasporto di sedimenti nei corpi idrici (Petroselli et al., 2014).

Avere a disposizione una valutazione statica dei sistemi ambientali, integrabile con variabili dinamiche, permette di analizzare la vulnerabilità reale e di orientare in modo efficace gli usi del suolo e le relative tecniche gestionali. Ciò consente di sviluppare analisi di scenario e formulare misure mirate per ridurre gli impatti negativi sull'ambiente, garantendo al contempo la sostenibilità economica delle attività agricole.

L'inclusione di tali analisi in uno strumento di governo del territorio come il PAR è particolarmente rilevante, poiché fornisce ai *decision-maker* strumenti concreti per la valutazione e l'adozione di misure di protezione e gestione mirate. Le informazioni dettagliate sulle aree più vulnerabili permettono di promuovere tecniche di mitigazione degli impatti ambientali, favorendo l'introduzione di pratiche di gestione agricola che riducono il rischio di degrado nel lungo termine.

In conclusione, l'approccio adottato nel presente studio rappresenta un contributo significativo per il processo di analisi nella pianificazione territoriale e alla gestione sostenibile del territorio agricolo. La combinazione di analisi e dati geospaziali offre una solida base conoscitiva per lo sviluppo di politiche agricole finalizzate alla conservazione dell'ambiente e della sostenibilità economica dell'attività agricola e può rappresentare uno studio pilota esportabile sia in altri contesti territoriali, che nell'integrazione di altri strumenti di governo del territorio.

## 4 Conclusioni generali

Negli ultimi anni gli studi e le ricerche riguardanti il territorio hanno subito profonde trasformazioni interpretandolo come un sistema complesso caratterizzato da rapporti e interrelazioni tra le diverse componenti. Il territorio non è solo il luogo in cui si svolgono gli eventi, ma il frutto delle dinamiche interattive che si verificano continuamente fra processi sociali e processi ambientali. Ciononostante, le aree agricole sono sempre state considerate come aree "libere", disponibili per essere destinate ad altri usi, mai poste ad oggetto di strumenti di pianificazione specifica finalizzata a preservarne i valori (Tassinari et al., 2013). Per rispondere a queste esigenze la Regione Lazio si è impegnata a redigere uno strumento di pianificazione unico nel suo genere: il PAR.

Nel panorama degli strumenti di pianificazione nazionali, il PAR rappresenta senza dubbio una novità nel governo del territorio, unendo l'aspetto territoriale con l'aspetto più settoriale del mondo agricolo.

Gli strumenti di governo del territorio si caratterizzano per la loro duplice natura, in cui si intrecciano dimensioni politiche e tecnico-scientifiche.

La presente tesi fornisce il supporto tecnico-scientifico per la redazione del PAR, proponendo un percorso metodologico di analisi territoriale innovativo basato sull'approccio quantitativo della pianificazione fisica. Il contributo tecnico scientifico mira a fornire delle valutazioni puntuali e precise del territorio ai *decision maker*, che hanno il compito di delineare delle strategie di sviluppo per il conseguimento degli obiettivi che si vogliono ottenere da un determinato piano. Tuttavia, il supporto tecnico scientifico non sempre riesce a fornire risposte definite e univoche questo perché gli obiettivi prefissati possono molto spesso essere raggiunti a partire da diversi fattori e quindi effettuando delle scelte diverse di gestione. Inoltre, i *decision maker* si trovano spesso a dover conciliare obiettivi divergenti tra di loro, nonostante debbano trovare entrambi realizzazione e soddisfazione sullo stesso territorio.

Ad esempio, nella gestione dell'interazione tra componenti antropiche e naturali un tema ancora oggi oggetto di dibattito è la definizione dell'approccio migliore tra *land sharing* o *land sparing* (Jiren et al., 2017; Sidemo-Holm et al., 2021). Queste due diverse concezioni di pianificazione spaziale vedono: con la *land sharing* la promozione e conservazione degli elementi naturali diffusa sul territorio, mentre la *land sparing* focalizza la conservazione e l'implementazione degli elementi naturali in aree specifiche, ottenendo la separazione più netta di aree ad uso del suolo più intensivo e altre più naturali. Entrambi gli approcci citati presentano aspetti positivi e negativi.

Il tema del governo del territorio e della concentrazione di alcune attività in alcuni spazi non riguarda soltanto la naturalità o la gestione della naturalità, ma anche la collocazione e la concentrazione di certe attività produttive. Ad esempio, la produzione energetica può essere realizzata seguendo due differenti approcci: in maniera diffusa sul territorio seguendo un principio di autosufficienza, oppure privilegiando la concentrazione in alcune aree specifiche seguendo il principio della creazione di un distretto energetico.

Tale interrogativo si ripropone anche nella pianificazione degli usi del suolo, come nella scelta delle colture praticate dagli agricoltori. Infatti, la scelta delle colture avviene in un primo momento in modo spontaneo rispettando la vocazionalità ambientale, successivamente si vengono a creare dei veri e propri distretti produttivi sul quale si innestano problematiche dal punto di vista agronomico e fitosanitario come conseguenza della monocoltura.

Ciascuno degli esempi precedentemente elencati mostra un duplice scenario con lati positivi o negativi, che richiedono un'attenta valutazione. Questa deve includere anche aspetti di natura socioeconomica, non necessariamente ricompresi nelle valutazioni tecnico scientifiche.

La presente tesi si inserisce in questo contesto, proponendo metodi per una valutazione territoriale di dettaglio dal punto di vista della scala, basata su valutazioni quantitative, e superando l'approccio di pianificazione tradizionale. Attraverso un'analisi capillare su scala sub-comunale, è possibile riconoscere le peculiarità dei singoli territori studiati.

L'adozione di questo approccio di valutazione distribuita permette di individuare l'andamento dei fenomeni che si verificano sui territori e quindi la possibilità di identificare necessità specifiche, intervenendo in modo mirato per la gestione di tali processi.

Un esempio delle ripercussioni dell'uso di confini amministrativi definiti è fornito dalla classificazione del territorio del PSR. Questa classificazione è attribuita su scala comunale, ma all'interno dello stesso comune sono presenti numerose situazioni che richiedono misure di sviluppo differenti. Con un approccio distribuito viene superato il problema della generalizzazione alla scala comunale, fornendo l'opportunità di prevedere delle misure di indirizzo differenziate anche all'interno dello stesso comune, sposando le effettive necessità di sviluppo delle diverse sfaccettature di quel territorio.

I fattori valutati riguardano quattro differenti aspetti: la ruralità, la struttura fondiaria, la naturalità e la vulnerabilità ambientale intrinseca. Dalle analisi condotte si sono prodotte degli indici utili al processo di pianificazione, in particolare: l'indice di ruralità ha consentito di valutare le caratteristiche infrastrutturali e demografiche del territorio, permettendo di proporre strategie di superamento delle pressioni riscontrate. L'analisi condotta sulla struttura fondiaria non ha individuato omogeneità territoriali nella distribuzione delle dimensioni aziendali ma ha messo in evidenza dei pattern spaziali nella loro distribuzione per caratteristiche aziendali, fornendo una descrizione spaziale dei dati statistici del sistema agricolo laziale. La naturalità del territorio è stata misurata indirettamente mediante la quantificazione degli EMP, che rappresentano degli elementi vegetali del territorio, cruciali per il mantenimento della biodiversità. Infine, la vulnerabilità ambientale intrinseca è stata valutata considerando la suscettibilità del territorio rispetto a tre processi specifici: la vulnerabilità all'erosione, la vulnerabilità all'inquinamento delle acque sotterranee e la presenza di elementi di sensibilità. L'analisi ha mostrato come più della metà del territorio agricolo regionali mostri la presenza di una o più vulnerabilità. L'individuazione delle aree vulnerabili consente la definizione di strategie di mitigazione.

Le valutazioni effettuate basate su indici ed indicatori rappresentano un'agevolazione per il PAR che dovrà essere assoggettato a VAS, in quanto con l'impiego dell'approccio quantitativo e del modello DPSIR sono già stati considerati gli elementi misurabili e i possibili impatti sui sistemi ambientali.

I *decision maker* possono utilizzare i risultati degli indici prodotti per analizzare dettagliatamente il territorio, individuare le sue criticità e definire linee guida per lo sviluppo territoriale e settoriale. Inoltre, gli indici permettono di monitorare l'efficacia delle politiche e delle azioni intraprese, guidando i processi decisionali in modo più informato. Questo approccio è fondamentale sia per i decisori politici, che possono ottimizzare l'allocazione delle risorse pubbliche, sia per gli agricoltori, che beneficiano di una maggiore redditività e resilienza delle proprie attività. Nel complesso, ciò contribuisce ad aumentare la sostenibilità dei sistemi agricoli nelle sue dimensioni fondamentali: economica, ambientale e sociale.

La principale limitazione nell'esecuzione delle analisi descritte ha riguardato l'assenza di dati georeferenziati ad alta risoluzione, infatti soprattutto nel caso della valutazione della struttura fondiaria e dell'analisi sul sistema agricolo in generale, la maggior parte dei dati prodotti dalle istituzioni sono riferite alla scala comunale. Nonostante l'ISTAT censisca numerosi elementi interessanti per una corretta valutazione del comparto agricolo, la generalizzazione alla scala comunale non consente di condurre delle analisi distribuite. Per superare l'assenza di dati georeferenziati ad alta risoluzione, sono stati formulati degli assunti per stimare il dato in maniera continua impiegando dei modelli. Ulteriore criticità proveniente da questo approccio è l'impossibilità di effettuare la validazione dei modelli ottenuti, in quanto disporre di verità a terra per la scala vasta, in particolare quando ci si riferisce a variabili di natura gestionale (es. SAT, livello demografico, ecc), risulta particolarmente difficoltoso e oneroso.

Ulteriore limite affrontato nello studio ha riguardato l'applicazione di algoritmi a dati con alta risoluzione spaziale su una scala di lavoro molto vasta, rendendo le elaborazioni estremamente onerose dal punto di vista computazionale e temporale. Nonostante le difficoltà incontrate, le metodologie descritte hanno consentito l'individuazione dei trend dei processi che si verificano sul sistema valutato e si sono dimostrate estremamente valide per una lettura e interpretazione di dettaglio del territorio rurale.

Tra tutti gli indicatori prodotti, quello che può presentare una maggior difficoltà di replicazione riguarda la struttura fondiaria. La ragione è legata alla tipologia di dato, che non si riferisce a caratteristiche fisiche del territorio monitorabili da remoto, ma riguarda aspetti amministrativi e gestionali. Ad esempio, se un'area è particolarmente vocata per la coltivazione del grano e due agricoltori con terreni adiacenti coltivano questa coltura, sarà impossibile andare a perimetrare le due differenti proprietà solo a partire da dati fisici.

Per questa ragione l'applicazione dell'analisi dei cluster per l'ottenimento di questi indici necessita di dati gestionali ottenibili solamente dagli enti gestori delle politiche agricole dell'area di interesse. Inoltre, l'attività agricola presenta numerose differenze in funzione dell'areale geografico studiato, ad esempio in Italia le aziende agricole sono tendenzialmente piccole e frammentate, e con un territorio fortemente variegato con ripercussioni sulle colture

praticate, se questo venisse posto a confronto con l'agricoltura americana, ci si troverebbe di fronte a condizioni molto differenti, in cui si evidenzia la presenza di veri e propri latifondi di grande estensione. Quindi ovviamente la valutazione del sistema agricolo, potrebbe richiedere parametri differenti in funzione dell'area geografica analizzata. Le differenti valutazioni potrebbero anche essere dovute a differenti indirizzi di sviluppo del settore agricolo, per cui potrebbe essere necessario valutare indicatori specifici anche in funzione delle politiche di sviluppo definite dagli enti gestori del territorio; ad esempio, se l'obiettivo dell'ente gestore del territorio è incentivare la diffusione dell'agricoltura 4.0 nel territorio, risulta cruciale conoscere il tasso di diffusione di tale modello agricolo nell'area di studio. Uno degli obiettivi del PAR è proprio la creazione delle condizioni necessarie per la promozione e l'adozione di attività di osservazione e monitoraggio del sistema produttivo agricolo e l'incentivazione ed il consolidamento di strategie di produzione e gestione più evolute e più efficienti.

Per un'analisi completa del territorio e delle attività agricole su di esso svolte, gli indicatori prodotti non sono esaustivi, questo è dovuto ad una dinamicità dei fenomeni a cui un territorio è soggetto, e anche ad una modificazione del panorama gestionale e normativo. Ad esempio, in Italia si è registrato un forte incremento degli investimenti nelle fonti di energie rinnovabili, anche in seguito all'approvazione e adozione del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). L'importante ingestione di fondi ha portato ad una reazione del mercato più rapida rispetto alla legiferazione degli organi gestori del territorio. Questa reazione si è manifestata mediante l'intensificazione della realizzazione di impianti fotovoltaici a terra, causando l'occupazione del suolo destinato all'agricoltura. Questo è un processo che ad oggi rappresenta una criticità, non per la redditività del settore agricolo, ma per dinamiche di natura sociale e ambientale, che necessita di forme di regolamentazione appropriate che solo negli ultimi mesi sono state avviate.

Proprio per la dinamicità dei fenomeni che avvengono sul territorio, la metodologia proposta non è rigida e stringente, ma si presta ad una adattabilità mediante l'implementazione continua di nuovi indici e indicatori per una valutazione quanto più completa possibile del territorio oggetto di analisi. La flessibilità della metodologia prodotta va ad aumentare l'adattabilità e l'esportabilità del metodo sviluppato.

Gli indicatori e l'approccio proposto sono esportabili in qualsiasi area in cui si faccia agricoltura, vista l'interazione che questa attività ha con il territorio e con le matrici ambientali. La massima applicabilità del metodo si prevede nei paesi dell'Unione Europea, dove numerosi degli elementi considerati, vengono già impiegati per le valutazioni e per l'implementazione delle politiche comunitarie. Ad esempio, la metodologia di identificazione della ruralità proposta in questo lavoro vede l'impiego dei fattori territoriali che vengono utilizzati anche nelle zonizzazioni comunitarie. Anche il tema della vulnerabilità ambientale è estremamente attuale e sentito dall'UE, con declinazioni specifiche riguardo alla perdita di suolo, l'eutrofizzazione e la salvaguardia dei corpi idrici dagli effetti delle attività agricole, che ha portato alla definizione della Direttiva Nitrati, fino all'individuazione delle ZVN.

Si è escluso da questo tipo di valutazioni l'interazione dell'agricoltura con i sistemi paesaggistici, in quanto la normativa Europea, la normativa italiana, ed in particolare la normativa regionale, ha già prodotto piani paesaggistici che affrontano nel dettaglio tali interazioni. Nel caso della Regione Lazio, le interazioni tra attività agricola e paesaggi sono affrontate nello strumento di governo del territorio PTPR attualmente vigente.

Tra i contributi derivanti da tale lavoro, particolarmente rilevante è la definizione di una metodologia di analisi che permette di valutare e monitorare nel tempo le caratteristiche del paesaggio mediante elementi fisici del territorio. Questo rappresenta un elemento fondamentale anche per la formulazione di strategie specifiche di gestione a scala sub comunale e per monitorare l'effetto delle strategie proposte, consentendo una semplificazione nel monitoraggio territoriale destinato all'aggiornamento del PAR.

Il contributo fornito fino ad ora ha rappresentato una solida base su cui si sta fondando il PAR e continuerà a fornire importanti elementi conoscitivi necessari per le successive fasi di pianificazione, sino al completamento e all'adozione del piano.

Ulteriori sviluppi dell'analisi condotta possono prevedere la valutazione, sempre con il principio della pianificazione fisica, di altri fattori rilevanti per l'agricoltura, quali: analisi dei consumi idrici, monitoraggio e valutazione della presenza delle fonti energetiche rinnovabili a discapito dei territori agricoli, l'analisi climatica finalizzata all'individuazione delle aree in cui si verificano maggiori anomalie per precipitazioni e aridità.

Tra le attività future si vede l'implementazione di un *Decision Support System* che permetta di effettuare delle analisi di scenario, finalizzate alla valutazione preventiva delle misure di gestione del territorio e l'identificazione della strategia più sostenibile per il conseguimento degli obiettivi di piano.

In conclusione, la metodologia proposta, sviluppata sul caso studio del PAR, si fonda sull'utilizzo prevalente di dati ufficiali o facilmente accessibili per le amministrazioni pubbliche coinvolte nella redazione di piani territoriali e settoriali. Questo approccio ne consente l'esportazione in altri contesti territoriali, garantendo una replicabilità ad alta risoluzione sul territorio nazionale. Nonostante l'assenza di dati a elevato dettaglio possa ridurre la precisione delle analisi, la metodologia rimane applicabile, fornendo analisi valide, sebbene meno dettagliate.

Inoltre, il lavoro conferma le potenzialità degli strumenti GIS e della pianificazione fisica come supporto ai piani di governo del territorio. Il metodo proposto, pertanto, può rappresentare un modello replicabile non solo in altri contesti territoriali, ma anche in ambiti pianificatori di diversa natura.



## 5 Bibliografia

- Abdalla, L., Augusto, D.A., Chame, M., Dufek, A.S., Oliveira, L., Krempser, E., 2022. Statistically enriched geospatial datasets of Brazilian municipalities for data-driven modeling. *Scientific Data* 9.
- Adger, W.N., 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change, Resilience, Vulnerability, and Adaptation: A Cross-Cutting Theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change* 16, 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Agarwal, S., Rahman, S., Errington, A., 2009. Measuring the determinants of relative economic performance of rural areas. *Journal of Rural Studies* 25, 309–321. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2009.02.003>
- Ahern, J., 1995. Greenways as a planning strategy. *Landscape and Urban Planning, Greenways* 33, 131–155. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(95\)02039-V](https://doi.org/10.1016/0169-2046(95)02039-V)
- Aho, K., 2024. *asbio: A Collection of Statistical Tools for Biologists*.
- Al-Shammari, S., Ko, W., Al Ammar, E.A., Alotaibi, M.A., Choi, H.-J., 2021. Optimal Decision-Making in Photovoltaic System Selection in Saudi Arabia. *Energies* 14, 357. <https://doi.org/10.3390/en14020357>
- Alvarez, F.A., Gomez-Mediavilla, G., López-Estébanez, N., Holgado, P.M., 2021. Classification of Mediterranean hedgerows: A methodological approximation. *MethodsX* 8, 101355. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101355>
- Álvarez, F.A., Mediavilla, G.G., Estébanez, N.L., 2021. Environmental, demographic and policy drivers of change in mediterranean hedgerow landscape (Central Spain). *Land Use Policy* 103, 105342. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105342>
- Alvarez-Cuadrado, F., Poschke, M., 2011. Structural Change Out of Agriculture: Labor Push versus Labor Pull. *American Economic Journal: Macroeconomics* 3, 127–158. <https://doi.org/10.1257/mac.3.3.127>
- Andersen, E., Baldock, D., Brouwer, F., Elbersen, B., Godeschalk, F., Nieuwenhuizen, W., van Eupen, M., Hennekens, S., 2004. Developing a high nature value farming area indicator.
- Arefaine, H., 2015. Review on “Why the Definition of Rurality is Contextual?”
- Argent, N., 2008. Perceived density, social interaction and morale in New South Wales rural communities. *Journal of Rural Studies* 24, 245–261. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2007.10.003>
- Arheimer, B., Lidén, R., 2000. Nitrogen and phosphorus concentrations from agricultural catchments—influence of spatial and temporal variables. *Journal of Hydrology* 227, 140–159. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(99\)00177-8](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(99)00177-8)
- Askegaard, M., Olesen, J.E., Kristensen, K., 2005. Nitrate leaching from organic arable crop rotations: effects of location, manure and catch crop. *Soil Use and Management* 21.
- Aubry, C., Biarnès, A., Maxime, F., Papy, F., 1998. Modélisation de l’organisation technique de la production dans l’entreprise agricole : la constitution de systèmes de culture du Bassin Parisien. *Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement* 25–43.
- Bacci, E., Cotella, G., Vitale Brovarone, E., 2021. Accessibility challenges in Italian inner areas: The case of valle Arroscia. *Territorio* 77–85. <https://doi.org/10.3280/TR2021-096007>

- Barbottin, A., Bouty, C., Martin, P., 2018. Using the French LPIS database to highlight farm area dynamics: The case study of the Niort Plain. *Land Use Policy* 73, 281–289. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.012>
- Bärring, L., Jönsson, P., Mattsson, J.O., Åhman, R., 2003. Wind erosion on arable land in Scania, Sweden and the relation to the wind climate—a review. *CATENA, Wind Erosion in Europe* 52, 173–190. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(03\)00013-4](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(03)00013-4)
- Bartkowski, B., Schübler, C., Müller, B., 2022. Typologies of European farmers: approaches, methods and research gaps. *Reg Environ Change* 22, 43. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01899-y>
- Basile, G., Cavallo, A., 2020. Rural Identity, Authenticity, and Sustainability in Italian Inner Areas. *Sustainability* 12, 1272. <https://doi.org/10.3390/su12031272>
- Baudry, J., Bunce, R.G.H., Burel, F., 2000. Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. *Journal of Environmental Management* 60, 7–22. <https://doi.org/10.1006/jema.2000.0358>
- Bazzoffi, P., 2007. *Erosione del suolo e sviluppo rurale - Fondamenti e manualistica per la valutazione agroambientale*. ed. Calderini.
- Bechmann, M., Vaje, P.I., Bechmann, M., Vaje, P.I., 2002. Monitoring erosion and nutrient losses from small basins representative of Norwegian agriculture. *Agricultural effects on ground and surface waters research at the edge of science and society Proceedings of an international symposium, Wageningen, Netherlands, October 2000*, 361–366.
- Bellefontaine, R., Petit, S., Pain-Orcet, M., Deleporte, P., Bertault, J.-G., 2002. Trees outside forests - Towards a better awareness, in: *FAO Conservation Guide* 35. Rome, FAO.
- Ben Arfa, N., Daniel, K., Jacquet, F., Karantininis, K., 2014. Agricultural Policies and Structural Change in French Dairy Farms: A Nonstationary Markov Model. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie* 63. <https://doi.org/10.1111/cjag.12036>
- Benin, S., Smale, M., Pender, J., Gebremedhin, B., Ehui, S., 2004. The economic determinants of cereal crop diversity on farms in the Ethiopian highlands. *Agricultural Economics, Current Issues in the Economics of Agriculture, Food, and Resources: Reshaping Agriculture's Contributions to Society* 31, 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.agecon.2004.09.007>
- Benz, U.C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., Heynen, M., 2004. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 58, 239–258. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2003.10.002>
- Bermond, R., 1977. *L'avvenire della montagna dalla legge 1102/71 alla direttiva CEE per le zone svantaggiate*. Reda.
- Bernetti, I., Alampi Sottini, V., Marinelli, N., Marone, E., Menghini, S., Riccioli, F., Sacchelli, S., Marinelli, A., 2013. Quantification of the total economic value of forest systems: spatial analysis application to the region of Tuscany (Italy). *Aestimum* 62. <https://doi.org/10.13128/Aestimum-13191>
- Bernetti, I., Ciampi, C., Sacchelli, S., 2011a. Minimizing carbon footprint of biomass energy supply chain in the Province of Florence. *ifm* 321–329. <https://doi.org/10.4129/ifm.2011.4.06>

- Bernetti, I., Marinelli, A., Riccioli, F., 2011b. L'allocation spaziale del beneficio turistico-ricreativo del bosco. *Aestimum* 87–104. <https://doi.org/10.13128/Aestimum-10462>
- Beynon, M.J., Crawley, A., Munday, M., 2016. Measuring and understanding the differences between urban and rural areas. *Environ Plann B Plann Des* 43, 1136–1154. <https://doi.org/10.1177/0265813515605096>
- Blanc, M., 1997. La ruralité : diversité des approches. <https://doi.org/10.3406/ecoru.1997.4892>
- Blarel, B., Hazell, P., Place, F., Quiggin, J., 1992. The Economics of Farm Fragmentation: Evidence from Ghana and Rwanda. *The World Bank Economic Review* 6, 233–254. <https://doi.org/10.1093/wber/6.2.233>
- Blasi, C., Di Pietro, R., G, F., Filesi, L., Ercole, S., Rosati, L., 2010. Le Serie di vegetazione della regione Lazio. pp. 281–310.
- Blunden, J.R., Pryce, W.T.R., Dreyer, P., 1998. The classification of rural areas in the European context: An exploration of a typology using neural network applications. *Regional Studies* 32, 149–160. <https://doi.org/10.1080/00343409850123035>
- Bogdanov, N., Meredith, D., Efstratoglou, S., 2008. A typology of rural areas in Serbia. *EA* 53, 7–29. <https://doi.org/10.2298/EKA08177007B>
- Borrelli, P., Panagos, P., Ballabio, C., Lugato, E., Weynants, M., Montanarella, L., 2016. Towards a Pan-European Assessment of Land Susceptibility to Wind Erosion. *Land Degradation & Development* 27, 1093–1105. <https://doi.org/10.1002/ldr.2318>
- Bosak, J., Perlman, B., 1982. A Review of the Definition of Rural, *Journal of Rural Community Psychology*.
- Botequilha-Leitão, A., 2003. Sustainable Land Planning. Towards a planning framework. Exploring the role of spatial statistics as an operational planning tool (PhD Thesis).
- Bozali, N., 2020. Assessment of the soil protection function of forest ecosystems using GIS-based Multi-Criteria Decision Analysis: A case study in Adıyaman, Turkey. *Global Ecology and Conservation* 24.
- Bradfield, T., Butler, R., Dillon, E., Hennessy, T., Kilgariff, P., 2021. The Effect of Land Fragmentation on the Technical Inefficiency of Dairy Farms. *Journal of Agricultural Economics* 72, 486–499. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12413>
- Brūmelis, G., Jonsson, B.G., Kouki, J., Kuuluvainen, T., Shorohova, E., 2011. Forest Naturalness in Northern Europe : Perspectives on Processes, Structures and Species Diversity. *Silva Fennica* 45, 807–821.
- Budic, I., 1994. Effectiveness of geographic information systems in local planning. *Journal of The American Planning Association* 60, 244–263.
- Burchell, R.W., Sternlieb, G., 1978. Planning theory in the 1980's : a search for future directions. New Brunswick, N.J. : Center for Urban Policy Research, Rutgers University.
- Burel, F., Baudry, J., Butet, A., Clergeau, P., Delettre, Y., Le Coeur, D., Dubs, F., Morvan, N., Paillat, G., Petit, S., Thenail, C., Brunel, E., Lefeuvre, J.-C., 1998. Comparative biodiversity along a gradient of agricultural landscapes. *Acta Oecologica* 19, 47–60. [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(98\)80007-6](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(98)80007-6)
- Burnett, C., Blaschke, T., 2003. A multi-scale segmentation/object relationship modelling methodology for landscape analysis. *Ecological Modelling* 168, 233–249. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(03\)00139-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(03)00139-X)

- Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N., Smith, V.H., 1998. Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. *Ecological Applications* 8, 559–568. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0559:NPOSWW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0559:NPOSWW]2.0.CO;2)
- Caschili, S., De Montis, A., Trogu, D., 2015. Accessibility and rurality indicators for regional development. *Computers, Environment and Urban Systems* 49, 98–114. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.05.005>
- Casey, M.M., Call, K.T., Klingner, J.M., 2001. Are rural residents less likely to obtain recommended preventive healthcare services? *American Journal of Preventive Medicine* 21, 182–188. [https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(01\)00349-X](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(01)00349-X)
- Chau, N., de Gorter, H., 2005. Disentangling the Consequences of Direct Payment Schemes in Agriculture on Fixed Costs, Exit Decisions, and Output. *American Journal of Agricultural Economics* 87, 1174–1181.
- Chen, J., Xiao, H., Li, Z., Liu, C., Ning, K., Tang, C., 2020. How effective are soil and water conservation measures (SWCMs) in reducing soil and water losses in the red soil hilly region of China? A meta-analysis of field plot data. *Sci Total Environ* 735, 139517. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139517>
- Chirici, G., Fattori, C., Cutolo, N., Tufano, M., Corona, P., Barbati, A., Blasi, C., Copiz, R., Rossi, L., Biscontini, D., Ribera, A., Morgante, L., Marchetti, M., 2014. Map of the natural and semi-natural environments and forest types map for the Latium region (Italy). *Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 11, 65–71. <https://doi.org/10.3832/efor1204-011>
- Chrysoulakis, N., Feigenwinter, C., Triantakoustantis, D., Penyeyskiy, I., Tal, A., Parlow, E., Fleishman, G., Düzgün, S., Esch, T., Marconcini, M., 2014. A Conceptual List of Indicators for Urban Planning and Management Based on Earth Observation. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 3, 980–1002. <https://doi.org/10.3390/ijgi3030980>
- Chung, S.J., Ahn, H.K., Oh, J., Choi, I.-song, Chun, S.-H., Choung, Y., Song, I.S., Hyun, K., 2010. Comparative analysis on reduction of agricultural non-point pollution by riparian buffer strips in the Paldang Watershed, Korea. *Desalination and Water Treatment* 16, 411–426.
- Ciaian, P., Guri, F., Rajcaniova, M., Drabik, D., Paloma, S.G. y, 2018. Land fragmentation and production diversification: A case study from rural Albania. *Land Use Policy* 76, 589–599. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.039>
- Cinnirella, S., Buttafuoco, G., Pirrone, N., 2005. Stochastic analysis to assess the spatial distribution of groundwater nitrate concentrations in the Po catchment (Italy). *Environ Pollut* 133, 569–580. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.06.020>
- Clark, J., Beaufoy, G., Baldock, D., 1994. *The Nature of Farming: Low Intensity Farming Systems in Nine European Countries*. Institute for European Environmental Policy.
- Cleland, C.L., 1995. Measuring Rurality. *Human Services in the Rural Environment* 18, 13–18.
- Cloke, P.J., 1977. An index of rurality for England and Wales. *Regional Studies* 11, 31–46. <https://doi.org/10.1080/09595237700185041>
- Clough, Y., Kirchweiger, S., Kantelhardt, J., 2020. Field sizes and the future of farmland biodiversity in European landscapes. *Conservation Letters* 13, e12752. <https://doi.org/10.1111/conl.12752>

- Collier, M.J., 2021. Are field boundary hedgerows the earliest example of a nature-based solution? *Environmental Science & Policy* 120, 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.02.008>
- Colombo, S., Perujo-Villanueva, M., 2018. Inefficiency due to parcel fragmentation in olive orchards, in: *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium, pp. 159–164. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1199.26>
- Comaniciu, D., Meer, P., 2002. Mean shift: A robust approach toward feature space analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 24, 603–619. <https://doi.org/10.1109/34.1000236>
- Comunicazione della Commissione del 22 settembre 2006: “Strategia tematica per la protezione del suolo” [COM(2006) 231], 2006.
- Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., Böhner, J., 2015. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. *Geoscientific Model Development* 8, 1991–2007. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>
- Corona, P., Becagli, C., Cantiani, P., Chianucci, F., Salvatore, L.D., Salvatore, U.D., Romano, R., Vacchiano, G., Ferretti, F., 2020. Elementi di orientamento per la pianificazione forestale alla luce del Testo Unico in materia di foreste e filiere forestali.
- Costantini, E., 2006. Capacità d’uso dei suoli.
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.-P., Iglesias, A., Lange, M.A., Lionello, P., Llasat, M. del C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M., Xoplaki, E., 2018. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change* 8, 972–980.
- Cromartie, J.B., Swanson, L.L., 1996. Census Tracts More Precisely Define Rural Populations and Areas. *Rural America/ Rural Development Perspectives* 11, 31–39.
- Crowley, J.M., 1989. *Landscape Ecology*, by R.T.T. Forman & M. Godron. John Wiley & Sons, 605 Third Avenue, New York, NY 10158, USA: xix + 620 pp., figs & tables, 24 × 17 × 3.5 cm, hardbound, US \$38.95, 1986. *Environmental Conservation* 16, 90–90. <https://doi.org/10.1017/S0376892900008766>
- Curson, P., 2012. A World at 7 billion.
- Darradi, Y., Saur, E., Laplana, R., Lescot, J.-M., Kuentz, V., Meyer, B.C., 2012. Optimizing the environmental performance of agricultural activities: A case study in La Boulouze watershed. *Ecological Indicators, Adaptation and functional water management by land use change* 22, 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.10.011>
- Dash, P., Punia, M., 2019. Governance and disaster: Analysis of land use policy with reference to Uttarakhand flood 2013, India. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 36, 101090. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101090>
- De Foresta, H., Somarriba, E., Temu, A., Boulanger, D., Feuilly, H., Gauthier, M., 2013. Towards The Assessment Of Trees Outside Forests. A thematic report prepared in the framework of The Global Forest Resources Assessment, Resources Assessment Working Paper.
- De Montis, A., Ledda, A., Caschili, S., Ganciu, A., Barra, M., 2014. SEA effectiveness for landscape and master planning: An investigation in Sardinia. *Environmental Impact Assessment Review* 47, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.03.002>

- De Rosa, M., McElwee, G., Smith, R., 2019. Farm diversification strategies in response to rural policy: a case from rural Italy. *Land Use Policy* 81, 291–301. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.006>
- Debernardi, L., Rosso, E., 2007. *Governance e sistemi urbani*, Carocci. ed. Roma.
- Demetriou, D., 2014. Land Fragmentation, in: Demetriou, D. (Ed.), *The Development of an Integrated Planning and Decision Support System (IPDSS) for Land Consolidation*. Springer International Publishing, Cham, pp. 11–37. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02347-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02347-2_2)
- Di Falco, S., Penov, I., Aleksiev, A., van Rensburg, T.M., 2010. Agrobiodiversity, farm profits and land fragmentation: Evidence from Bulgaria. *Land Use Policy* 27, 763–771. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.10.007>
- di Iacovo, F., Rovai, M., Meini, S., Pagni, S., Casini, C., 2012. La Carrying capacity: teoria e applicazioni per il dimensionamento della pianificazione territoriale in Toscana. Il caso della Valdera (No. 16), Quaderni sismondi. Unipi - Laboratorio di studi rurali SISMONDI.
- Drummond, W.J., French, S.P., 2008. The Future of GIS in Planning: Converging Technologies and Diverging Interests. *Journal of the American Planning Association* 74, 161–174.
- Dunjó, G., Pardini, G., Gispert, M., 2004. The role of land use–land cover on runoff generation and sediment yield at a microplot scale, in a small Mediterranean catchment. *Journal of Arid Environments* 57, 239–256. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(03)00097-1)
- EEA, JRC, 2012. *The State of Soil in Europe* (Report EU No. 25186 EN). JRC, Online.
- European Court of Auditors, 2016. *The Land Parcel Identification System: a useful tool to determine the eligibility of agricultural land – but its management could be further improved*. Special report No 25, 2016. Publications Office of the European Union.
- Evans, R., 1990. Soils at risk of accelerated erosion in England and Wales. *Soil Use and Management* 6, 125–131. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.1990.tb00821.x>
- Fabos, J.G., 1985. *Land-use planning : from global to local challenge*. New York : Chapman and Hall.
- Fan, J., Fan, X., Jintrawet, A., Weyerhaeuser, H., 2021. Sustainability Interventions on Agro-Ecosystems: An Experience from Yunnan Province, China. *Sustainability* 13, 5698. <https://doi.org/10.3390/su13105698>
- Fan, X.H., Li, Y.C., 2009. Effects of Slow-Release Fertilizers on Tomato Growth and Nitrogen Leaching. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 40, 3452–3468.
- FAO, 2006. *Guidelines for Soil Description*, 4th, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO, 2001. *GLOBAL ECOLOGICAL ZONING FOR THE GLOBAL FOREST RESOURCES ASSESSMENT 2000* [WWW Document]. URL <https://www.fao.org/3/ad652e/ad652e00.htm> (accessed 4.16.24).
- Farr, T.G., Rosen, P.A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., Alsdorf, D., 2007. The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics* 45, 2005RG000183. <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>
- Fehrmann, L., Seidel, D., Krause, B., Kleinn, C., 2014. Sampling for landscape elements--a case study from Lower Saxony, Germany. *Environ Monit Assess* 186, 1421–1430. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3464-0>

- Filipiak, T., Wicki, L., 2021. THE STRUCTURE OF PRODUCTION FACTORS IN FARMS AND THEIR PRODUCTIVITY. THE CASE OF VEGETABLE FARMS IN POLAND. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*.
- Forman, R.T.T., 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecol* 10, 133–142. <https://doi.org/10.1007/BF00133027>
- Frank, S., Fürst, C., Witt, A., Koschke, L., Makeschin, F., 2014. Making use of the ecosystem services concept in regional planning—trade-offs from reducing water erosion. *Landscape Ecol* 29, 1377–1391. <https://doi.org/10.1007/s10980-014-9992-3>
- Franks, J.A., Davis, E.S., Bhatia, S., Kenzik, K.M., 2023. Defining rurality: an evaluation of rural definitions and the impact on survival estimates. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute* 115, 530–538. <https://doi.org/10.1093/jnci/djad031>
- Fu, B.J., Zhao, W.W., Chen, L.D., Zhang, Q.J., Lü, Y.H., Gulinck, H., Poesen, J., 2005. Assessment of soil erosion at large watershed scale using RUSLE and GIS: a case study in the Loess Plateau of China. *Land Degradation & Development* 16, 73–85. <https://doi.org/10.1002/ldr.646>
- Fukunaga, K., Hostetler, L.D., 1975. The Estimation of the Gradient of a Density Function, with Applications in Pattern Recognition. *IEEE Transactions on Information Theory* 21, 32–40. <https://doi.org/10.1109/TIT.1975.1055330>
- Gajić, A., Krunić, N., Protić, B., 2021. Classification of Rural Areas in Serbia: Framework and Implications for Spatial Planning. *Sustainability* 13, 1596. <https://doi.org/10.3390/su13041596>
- Gallent, N., Robinson, S., 2011. Local perspectives on rural housing affordability and implications for the localism agenda in England. *Journal of Rural Studies* 27, 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2011.05.004>
- Galluzzo, N., 2019. A long-term analysis of the common agricultural policy financial subsidies towards Italian farms. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences* 2, 12–17. <https://doi.org/10.32718/ujvas2-1.03>
- Gámez-Virués, S., Perović, D.J., Gossner, M.M., Börschig, C., Blüthgen, N., de Jong, H., Simons, N.K., Klein, A.-M., Krauss, J., Maier, G., Scherber, C., Steckel, J., Rothenwöhrer, C., Steffan-Dewenter, I., Weiner, C.N., Weisser, W., Werner, M., Tschardtke, T., Westphal, C., 2015. Landscape simplification filters species traits and drives biotic homogenization. *Nat Commun* 6, 8568. <https://doi.org/10.1038/ncomms9568>
- García de León, D., Rey Benayas, J.M., Andivia, E., 2021. Contributions of Hedgerows to People: A Global Meta-Analysis. *Front. Conserv. Sci.* 2. <https://doi.org/10.3389/fcosc.2021.789612>
- García-Ruiz, J.M., 2010. The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review. *CATENA* 81, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.01.001>
- Garibaldi, L.A., Carvalheiro, L.G., Vaissière, B.E., Gemmill-Herren, B., Hipólito, J., Freitas, B.M., Ngo, H.T., Azzu, N., Sáez, A., Åström, J., An, J., Blochtein, B., Buchori, D., García, F.J.C., Oliveira da Silva, F., Devkota, K., Ribeiro, M. de F., Freitas, L., Gaglianone, M.C., Goss, M., Irshad, M., Kasina, M., Filho, A.J.S.P., Kiill, L.H.P., Kwapong, P., Parra, G.N., Pires, C., Pires, V., Rawal, R.S., Rizali, A., Saraiva, A.M., Veldtman, R., Viana, B.F., Witter, S., Zhang, H., 2016. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science* 351, 388–391. <https://doi.org/10.1126/science.aac7287>

- Garratt, M.P.D., Senapathi, D., Coston, D.J., Mortimer, S.R., Potts, S.G., 2017. The benefits of hedgerows for pollinators and natural enemies depends on hedge quality and landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 247, 363–370. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2017.06.048>
- Ghazavi, G., Thomas, Z., Hamon, Y., Marie, J.C., Corson, M., Merot, P., 2008. Hedgerow impacts on soil-water transfer due to rainfall interception and root-water uptake. *Hydrological Processes* 22, 4723–4735. <https://doi.org/10.1002/hyp.7081>
- Golicz, K., Ghazaryan, G., Niether, W., Wartenberg, A.C., Breuer, L., Gattinger, A., Jacobs, S.R., Kleinebecker, T., Weckenbrock, P., Große-Stoltenberg, A., 2021. The Role of Small Woody Landscape Features and Agroforestry Systems for National Carbon Budgeting in Germany. *Land* 10, 1028. <https://doi.org/10.3390/land10101028>
- Gomes, L., Arrúe, J.L., López, M.V., Sterk, G., Richard, D., Gracia, R., Sabre, M., Gaudichet, A., Frangi, J.P., 2003. Wind erosion in a semiarid agricultural area of Spain: the WELSONS project. *CATENA, Wind Erosion in Europe* 52, 235–256. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(03\)00016-X](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(03)00016-X)
- Gonzalez, X.P., Alvarez, C.J., Crecente, R., 2004. Evaluation of land distributions with joint regard to plot size and shape. *Agricultural Systems* 82, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2003.10.009>
- Grabaum, R., Meyer, B.C., 1998. Multicriteria optimization of landscapes using GIS-based functional assessments1. *Landscape and Urban Planning* 43, 21–34. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(98\)00099-1](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(98)00099-1)
- Gregori, E., Andrenelli, M.C., Zorn, G., 2005. UNA PROCEDURA PER LA STIMA DEL GRUPPO IDROLOGICO (CN) E DELL'ERODIBILITÀ (RUSLE) DEI SUOLI AGRO-FORESTALI. Presented at the AISSA.
- Gulinck, H., Marcheggiani, E., Verhoeve, A., Bomans, K., Dewaelheyns, V., Lerouge, F., Galli, A., 2018. The Fourth Regime of Open Space. *Sustainability* 10, 2143. <https://doi.org/10.3390/su10072143>
- Halfacree, K.H., 1995. Talking about rurality: Social representations of the rural as expressed by residents of six English parishes. *Journal of Rural Studies* 11, 1–20. [https://doi.org/10.1016/0743-0167\(94\)00039-C](https://doi.org/10.1016/0743-0167(94)00039-C)
- Harasimowicz, S., Janus, J., Baciór, S., Gniadek, J., 2017. Shape and size of parcels and transport costs as a mixed integer programming problem in optimization of land consolidation. *Computers and Electronics in Agriculture* 140, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.05.035>
- Harrington, V., O'Donoghue, D., 1998. Rurality in England and Wales 1991: A Replication and Extension of the 1981 Rurality Index. *Sociologia Ruralis* 38, 178–203. <https://doi.org/10.1111/1467-9523.00071>
- Hengl, T., Jesus, J.M. de, Heuvelink, G.B.M., Gonzalez, M.R., Kilibarda, M., Blagotić, A., Shangquan, W., Wright, M.N., Geng, X., Bauer-Marschallinger, B., Guevara, M.A., Vargas, R., MacMillan, R.A., Batjes, N.H., Leenaars, J.G.B., Ribeiro, E., Wheeler, I., Mantel, S., Kempen, B., 2017. SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLOS ONE* 12, e0169748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>



- Hide, K., Cruickshank, J., Mari Nesje, L., 2006. Market, commodity, resource, and strength: Logics of Norwegian rurality. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography* 60, 189–198. <https://doi.org/10.1080/00291950600889970>
- Hiironen, J., Niukkanen, K., 2014. On the structural development of arable land in Finland – How costly will it be for the climate? *Land Use Policy* 36, 192–198. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.08.008>
- Hiironen, J., Riekkinen, K., 2016. Agricultural impacts and profitability of land consolidations. *Land Use Policy* 55, 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.018>
- Hingley, M., Boone, J.M., Haley, S., 2010. Local Food Marketing as a Development Opportunity for Small UK Agri-Food Businesses. *International Journal on Food System Dynamics* 1, 194–203.
- Hirsch, S., 2019. Rural America by the Numbers. *Generations: Journal of the American Society on Aging* 43, 9–16.
- Hoggart, K., 1988. Not a definition of rural. *Area* 20, 35–40.
- Holden, J., Grayson, R.P., Berdeni, D., Bird, S., Chapman, P.J., Edmondson, J.L., Firbank, L.G., Helgason, T., Hodson, M.E., Hunt, S.F.P., Jones, D.T., Lappage, M.G., Marshall-Harries, E., Nelson, M., Prendergast-Miller, M., Shaw, H., Wade, R.N., Leake, J.R., 2019. The role of hedgerows in soil functioning within agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 273, 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2018.11.027>
- Holmes, P.J., Thomas, D.S.G., Bateman, M.D., Wiggs, G.F.S., Rabumbulu, M., 2012. Evidence for Land Degradation from Aeolian Sediment in the West-Central Free State Province, South Africa. *Land Degradation & Development* 23, 601–610. <https://doi.org/10.1002/ldr.2177>
- Holt-Gimenez, E., 2019. *Can We Feed the World Without Destroying It?* John Wiley & Sons.
- Ilbery, B.W., 1998. *The Geography of Rural Change - 1st Edition* - Brian W. Ilbery -, 1st Edition. ed. Routledge.
- Infascelli, R., Pelorosso, R., Boccia, L., 2009. Spatial assessment of animal manure spreading and groundwater nitrate pollution. *Geospat Health* 4, 27–38. <https://doi.org/10.4081/gh.2009.208>
- ISPRA, 2018. *TERRITORIO Processi e trasformazioni in Italia* (No. 298). ISPRA, Roma.
- ISPRA, 2017. *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici* (No. 266). ISPRA, Roma.
- Isserman, A., 2005. In the National Interest: Defining Rural and Urban Correctly in Research and Public Policy. *International Regional Science Review - INT REG SCI REV* 28, 465–499. <https://doi.org/10.1177/0160017605279000>
- ISTAT, 2022. *Meno aziende agricole (ma più grandi) e nuove forme di gestione dei terreni, 7°Censimento generale dell'agricoltura: primi risultati*. ISTAT.
- ISTAT [WWW Document], 2024. URL <https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/dw/categories> (accessed 9.20.24).
- IUSS Working Group WRB, 2015. *World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps*. (No. 106), *World Soil Resources Reports*. FAO, Roma.

- Jain, A.K., 2010. Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*, Award winning papers from the 19th International Conference on Pattern Recognition (ICPR) 31, 651–666. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011>
- Januszewski, J., 1968. Index of land consolidation as a criterion of the degree of concentration. *Geographia Polonica* 14, 291–296.
- Jarasiunas, G., 2016. Assessment of the agricultural land under steep slope in Lithuania. *j. cent. eur. agric.* 17, 176–187. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/17.1.1688>
- Jiang, F., Liu, S., Yuan, H., Zhang, Q., 2007. Measuring urban sprawl in Beijing with geo-spatial indices. *J. Geogr. Sci.* 17, 469–478. <https://doi.org/10.1007/s11442-007-0469-z>
- Jiang, H., Eastman, J.R., 2000. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science* 14, 173–184. <https://doi.org/10.1080/136588100240903>
- Jian-jun, Z., 2010. Current Situation and Control of Agricultural Non-point Source Pollution. *China Population, Resources and Environment*.
- Jiren, T.S., Dorresteyn, I., Schultner, J., Fischer, J., 2017. The governance of land use strategies: Institutional and social dimensions of land sparing and land sharing. *Conservation Letters* 11.
- Johnson, D.L., Ambrose, S.H., Bassett, T.J., Bowen, M.L., Crummey, D.E., Isaacson, J.S., Johnson, D.N., Lamb, P., Saul, M., Winter-Nelson, A.E., 1997. Meanings of Environmental Terms. *Journal of Environmental Quality* 26, 581–589. <https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600030002x>
- Jose, S., 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforest Syst* 76, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Kadigi, R.M.J., Japhet, J.K., Agnes, S., Felix, K., Anna, S., Winfred, M., 2017. Land fragmentation, agricultural productivity and implications for agricultural investments in the Southern Agricultural Growth Corridor of Tanzania (SAGCOT) region, Tanzania.
- Kawasaki, K., 2010. The costs and benefits of land fragmentation of rice farms in Japan. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 54, 509–526. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2010.00509.x>
- Klingebiel, A.A., Montgomery, P.H., 1961. Land Capability Classification (No. 210), *Agriculture Handbook*. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service.
- Knippenberg, E., Jolliffe, D., Hoddinott, J., 2020. Land Fragmentation and Food Insecurity in Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics* 102, 1557–1577.
- Kopeva, D., Peneva, M., Madjarova, S.I., 2010. Multifunctional land use: is it a key factor for rural development?
- Kropp, W.W., Lein, J.K., 2013. Research Articles: Scenario Analysis for Urban Sustainability Assessment: A Spatial Multicriteria Decision-Analysis Approach. *Environmental Practice* 15, 133–146.
- Kukal, S.S., Sur, H.S., Gill, S.S., 1991. Factors responsible for soil erosion hazard in submontane Punjab, India. *Soil Use and Management* 7, 38–44.
- Lang, S., Blaschke, T., 2007. Landschaftsanalyse mit GIS. <https://doi.org/10.36198/9783838583471>

- Latruffe, L., Piet, L., 2014. Does land fragmentation affect farm performance? A case study from Brittany, France. *Agricultural Systems* 129, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.005>
- Leñ, P., 2018. An algorithm for selecting groups of factors for prioritization of land consolidation in rural areas. *Computers and Electronics in Agriculture* 144, 216–221. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.12.014>
- León, M.C., Harvey, C.A., 2006. Live fences and landscape connectivity in a neotropical agricultural landscape. *Agroforest Syst* 68, 15–26. <https://doi.org/10.1007/s10457-005-5831-5>
- Leone, A., Preti, F., Ripa, M.N., 1997. Pianificazione per processi territoriali, monitoraggio e modellistica ambientale per l'agricoltura sostenibile.
- Leutner, B., Horning, N., Schwalb-Willmann, J., Hijmans, R.J., Mueller, K., 2024. RStoolbox: Remote Sensing Data Analysis.
- Li, X., Meng, X., Ji, X., Zhou, J., Pan, C., Gao, N., 2023. Zoning technology for the management of ecological and clean small-watersheds via *k*-means clustering and entropy-weighted TOPSIS: A case study in Beijing. *Journal of Cleaner Production* 397, 136449. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136449>
- Li, Y., Long, H., Liu, Y., 2015. Spatio-temporal pattern of China's rural development: A rurality index perspective. *Journal of Rural Studies* 38, 12–26. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.01.004>
- Liccari, F., Boscutti, F., Bacaro, G., Sigura, M., 2022. Connectivity, landscape structure, and plant diversity across agricultural landscapes: novel insight into effective ecological network planning. *Journal of Environmental Management* 317. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115358>
- Lin, Z., 2009. Carrying capacity: origin, development and prospective. *Acta Ecologica Sinica*.
- Liu, Y., Li, H., Cui, G., Cao, Y., 2020. Water quality attribution and simulation of non-point source pollution load flux in the Hulan River basin. *Sci Rep* 10, 3012. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59980-7>
- Looga, J., Jürgenson, E., Sikk, K., Matveev, E., Maasikamäe, S., 2018. Land fragmentation and other determinants of agricultural farm productivity: The case of Estonia. *Land Use Policy* 79, 285–292. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.021>
- Louwagie, G., Gay, S.H., Sammeth, F., Ratering, T., 2011. The potential of European Union policies to address soil degradation in agriculture. *Land Degradation & Development* 22, 5–17. <https://doi.org/10.1002/ldr.1028>
- Lu, H., Xie, H., Yao, G., 2019. Impact of land fragmentation on marginal productivity of agricultural labor and non-agricultural labor supply: A case study of Jiangsu, China. *Habitat International* 83, 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.11.004>
- Lucatelli, C., 2015. La strategia nazionale, il riconoscimento delle aree interne. *TERRITORIO* 80–86. <https://doi.org/10.3280/TR2015-074014>
- Lucchesi, F., 2019. Atlante della flora vascolare del Lazio. Regione Lazio, Roma.
- Lucchesi, F., 2017. Atlante della flora vascolare del Lazio. Regione Lazio, Roma.
- Lurie, S., Brekken, C.A., 2017. The role of local agriculture in the new natural resource economy (NNRE) for rural economic development. *Renewable Agriculture and Food Systems* 34, 395–405.

- Madu, I.A., 2010. The structure and pattern of rurality in Nigeria. *GeoJournal* 75, 175–184. <https://doi.org/10.1007/s10708-009-9282-9>
- Maffezzoli, F.A., Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M., Renga, F., 2022. Agriculture 4.0: a systematic literature review on the paradigm, technologies and benefits. *Futures*.
- Malkoç, E., Rüetschi, M., Ginzler, C., Waser, L.T., 2021. Countrywide mapping of trees outside forests based on remote sensing data in Switzerland. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 100, 102336. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102336>
- Manjunatha, A.V., Anik, A.R., Speelman, S., Nuppenau, E.A., 2013. Impact of land fragmentation, farm size, land ownership and crop diversity on profit and efficiency of irrigated farms in India. *Land Use Policy, Themed Issue 1-Guest Editor Romy Greiner Themed Issue 2- Guest Editor Davide Viaggi* 31, 397–405. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.08.005>
- Manning, A.D., Fischer, J., Lindenmayer, D.B., 2006. Scattered trees are keystone structures – Implications for conservation. *Biological Conservation* 132, 311–321. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.04.023>
- Marshall, E.J.P., Moonen, A.C., 2002. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment, The Ecology of Field Margins in European Farming Systems* 89, 5–21. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00315-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00315-2)
- Martin, E.A., Dainese, M., Clough, Y., Báldi, A., Bommarco, R., Gagic, V., Garratt, M.P.D., Holzschuh, A., Kleijn, D., Kovács-Hostyánszki, A., Marini, L., Potts, S.G., Smith, H.G., Al Hassan, D., Albrecht, M., Andersson, G.K.S., Asís, J.D., Aviron, S., Balzan, M.V., Baños-Picón, L., Bartomeus, I., Batáry, P., Burel, F., Caballero-López, B., Concepción, E.D., Coudrain, V., Dänhardt, J., Diaz, M., Diekötter, T., Dormann, C.F., Duflot, R., Entling, M.H., Farwig, N., Fischer, C., Frank, T., Garibaldi, L.A., Hermann, J., Herzog, F., Inclán, D., Jacot, K., Jauker, F., Jeanneret, P., Kaiser, M., Krauss, J., Le Féon, V., Marshall, J., Moonen, A.-C., Moreno, G., Riedinger, V., Rundlöf, M., Rusch, A., Scheper, J., Schneider, G., Schüepp, C., Stutz, S., Sutter, L., Tamburini, G., Thies, C., Tormos, J., Tschamtkke, T., Tschumi, M., Uzman, D., Wagner, C., Zubair-Anjum, M., Steffan-Dewenter, I., 2019. The interplay of landscape composition and configuration: new pathways to manage functional biodiversity and agroecosystem services across Europe. *Ecology Letters* 22, 1083–1094. <https://doi.org/10.1111/ele.13265>
- Martínez-Abraín, A., Jiménez, J., Jiménez, I., Ferrer, X., Llaneza, L., Ferrer, M., Palomero, G., Ballesteros, F., Galán, P., Oro, D., 2020. Ecological consequences of human depopulation of rural areas on wildlife: A unifying perspective. *Biological Conservation*.
- Mastrocicco, M., 2011. Large tank experiment on nitrate fate and transport: the role of permeability distribution.
- Merot, P., 1999. The influence of hedgerow systems on the hydrology of agricultural catchments in a temperate climate. *Agronomie* 19, 655–669. <https://doi.org/10.1051/agro:19990801>
- Mitchell, M., Doyle, C., 1996. Spatial distribution of the impact of agricultural policy reforms in rural areas. *Scottish Geographical Magazine* 112, 76–82. <https://doi.org/10.1080/14702549608554452>

- Mladenov, C., Ilieva, M., 2012. The depopulation of the Bulgarian villages. *Bulletin of Geography* 17, 99–107. <https://doi.org/10.2478/v10089-012-0010-8>
- Moccia, B., Mineo, C., Ridolfi, E., Russo, F., Napolitano, F., 2021. Probability distributions of daily rainfall extremes in Lazio and Sicily, Italy, and design rainfall inferences. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 33, 100771. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100771>
- Moore, I.D., Wilson, J.P., 1992. Length-slope factors for the revised universal soil loss equation: simplified method of estimation. *Journal of Soil & Water Conservation* 47, 423–428.
- Morelli, F., Jerzak, L., Tryjanowski, P., 2014. Birds as useful indicators of high nature value (HNV) farmland in Central Italy. *Ecological Indicators* 38, 236–242. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.016>
- Morlon, P., Trouche, G., 2005. Nouveaux enjeux de la logistique dans les exploitations de grande culture. *Cahiers Agricultures* 14, 305–311 (1).
- Mosquera-Losada, M.R., Santiago-Freijanes, J.J., Rois-Díaz, M., Moreno, G., den Herder, M., Aldrey-Vázquez, J.A., Ferreiro-Domínguez, N., Pantera, A., Pisanelli, A., Rigueiro-Rodríguez, A., 2018. Agroforestry in Europe: A land management policy tool to combat climate change. *Land Use Policy* 78, 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.06.052>
- Moss, M.R., 1985. Land processes and land classification. *Journal of Environmental Management* 20, 295–319.
- Nainggolan, R., Perangin-angin, R., Simarmata, E., Tarigan, A.F., 2019. Improved the Performance of the K-Means Cluster Using the Sum of Squared Error (SSE) optimized by using the Elbow Method. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1361, 012015. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1361/1/012015>
- Napoli, D.R., Paolanti, D.M., Marchetti, D.A., 2015. Elaborazione tematiche dei suoli della regione Lazio erosione attuale, contenuto in carbonio organico, reazione (pH), tessitura.
- Napoli, R., Paolanti, M., Di Ferdinando, S., 2019. Atlante dei Suoli del Lazio. ARSIAL Regione Lazio.
- Nations Unies (Ed.), 2009. World population policies 2009, ST.ESA. United Nations, New York.
- Neuenfeldt, S., Gocht, A., Heckeley, T., Ciaian, P., 2019. Explaining farm structural change in the European agriculture: a novel analytical framework. *European Review of Agricultural Economics* 46, 713–768. <https://doi.org/10.1093/erae/jby037>
- Nguyen, H.Q., 2017. Analyzing the economies of crop diversification in rural Vietnam using an input distance function. *Agricultural Systems* 153, 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.024>
- Niroula, G.S., Thapa, G.B., 2005. Impacts and causes of land fragmentation, and lessons learned from land consolidation in South Asia. *Land Use Policy* 22, 358–372. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2004.10.001>
- Ntihinyurwa, P.D., de Vries, W.T., Chigbu, U.E., Dukwiyimpuhwe, P.A., 2019. The positive impacts of farm land fragmentation in Rwanda. *Land Use Policy* 81, 565–581. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.005>
- Nunes, A.N., de Almeida, A.C., Coelho, C.O.A., 2011. Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal. *Applied Geography* 31, 687–699. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.12.006>

- Nutley, S.D., 1980. The concept of “isolation”—A method of evaluation and a West Highland example. *Regional Studies* 14, 111–123. <https://doi.org/10.1080/09595238000185111>
- OCSE, 1994. Creating rural indicators for shaping territorial policy. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, Washington, D.C.
- Öğdül, H.G., 2010. Urban and Rural Definitions in Regional Context: A Case Study on Turkey. *European Planning Studies* 18, 1519–1541. <https://doi.org/10.1080/09654313.2010.492589>
- Oliver, T.H., Morecroft, M.D., 2014. Interactions between climate change and land use change on biodiversity: attribution problems, risks, and opportunities. *WIREs Climate Change* 5, 317–335. <https://doi.org/10.1002/wcc.271>
- Ouyang, W., Yang, W., Tysklind, M., Xu, Y., Lin, C., Gao, X., Hao, Z., 2018. Using river sediments to analyze the driving force difference for non-point source pollution dynamics between two scales of watersheds. *Water Research* 139, 311–320. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.04.020>
- Pacini, C., Wossink, A., Giesen, G., Vazzana, C., Huirne, R., 2003. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95, 273–288. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00091-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00091-9)
- Pádua, L., Adao, T., Hruska, J., Guimaraes, N., Marques, P., Peres, E., Sousa, J.J., 2020. Vineyard Classification Using Machine Learning Techniques Applied to RGB-UAV Imagery, in: *IGARSS 2020 - 2020 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. Presented at the IGARSS 2020 - 2020 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE, Waikoloa, HI, USA, pp. 6309–6312. <https://doi.org/10.1109/IGARSS39084.2020.9324380>
- Paolillo, P.L., Baresi, U., Bisceglie, R., 2013. Classification of Landscape Sensitivity in the Territory of Cremona: Finalization of Indicators and Thematic Maps in GIS Environment. *Int. J. Agric. Environ. Inf. Syst.* 4, 63–79.
- Patriarca, A., Caputi, E., Gatti, L., Marcheggiani, E., Recanatesi, F., Rossi, C.M., Ripa, M.N., 2024. Wide-Scale Identification of Small Woody Features of Landscape from Remote Sensing.
- Perujo Villanueva, M., Colombo, S., 2017. Cost analysis of parcel fragmentation in agriculture: The case of traditional olive cultivation. *Biosystems Engineering* 164, 135–146. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.10.003>
- Perulli, P., 2004. *Piani strategici. Governare le città europee*. Franco Angeli, Milano.
- Petroselli, A., Leone, A., Ripa, M.N., Recanatesi, F., 2014. Linking phosphorus export and hydrologic modeling: a case study in Central Italy. *Environ Monit Assess* 186, 7849–7861. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-3972-6>
- Picuno, P., Cillis, G., Statuto, D., 2019. Investigating the time evolution of a rural landscape: How historical maps may provide environmental information when processed using a GIS. *Ecological Engineering* 139, 105580. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.08.010>
- Piet, L., Cariou, S., 2014. Le morcellement des exploitations agricoles françaises. *Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires* 107–120. <https://doi.org/10.4000/economierurale.4408>

- Popescu, A., Alecu, I.N., Dinu, T.A., Stoian, E., Condei, R., Ciocan, H., 2016. Farm Structure and Land Concentration in Romania and the European Union's Agriculture. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 5th International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture" 10, 566–577. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.09.036>
- Pratschke, J., Morlicchio, E., 2012. Social Polarisation, the Labour Market and Economic Restructuring in Europe: An Urban Perspective. *Urban Studies* 49, 1891–1907. <https://doi.org/10.1177/0042098012444885>
- Predominantly rural regions experience depopulation [WWW Document], 2023. URL <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20230117-2> (accessed 8.12.24).
- Presidenza del Consiglio dei Ministri, 1992. Comunicato relativo al decreto del Presidente della Repubblica 27 marzo 1992, recante atto di indirizzo e coordinamento alle regioni per la determinazione dei livelli di assistenza sanitaria di emergenza.
- Pywell, R.F., Heard, M.S., Woodcock, B.A., Hinsley, S., Ridding, L., Nowakowski, M., Bullock, J.M., 2015. Wildlife-friendly farming increases crop yield: evidence for ecological intensification. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282, 20151740. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1740>
- QGIS Development Team, 2024. QGIS Geographic Information System.
- Raffler, C., 2018. QNEAT3 - Qgis Network Analysis Toolbox 3. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13042.02248>
- Rahman, Md.A., Hossain, Md.Z., Ha-Mim, N.M., Tanvir, F., Islam, S., Rahaman, K.R., 2023. Measuring the level of rurality in the Southwestern region of Bangladesh. *FURP* 1, 20. <https://doi.org/10.1007/s44243-023-00024-9>
- Rahman, S., Rahman, M., 2009. Impact of land fragmentation and resource ownership on productivity and efficiency: The case of rice producers in Bangladesh. *Land Use Policy, Formalisation of Land Rights in the South* 26, 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.01.003>
- Rao, X., 2019. Land fragmentation with double dividends – the case of Tanzanian agriculture. *European Review of Agricultural Economics* 46, 609–635. <https://doi.org/10.1093/erae/jby034>
- Recanatesi, F., Giuliani, C., Ripa, M.N., 2018. Monitoring Mediterranean Oak Decline in a Peri-Urban Protected Area Using the NDVI and Sentinel-2 Images: The Case Study of Castelporziano State Natural Reserve. *Sustainability* 10, 3308. <https://doi.org/10.3390/su10093308>
- Renard, K.G., 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Reyes, F., Gosme, M., Wolz, K.J., Lecomte, I., Dupraz, C., 2021. Alley Cropping Mitigates the Impacts of Climate Change on a Wheat Crop in a Mediterranean Environment: A Biophysical Model-Based Assessment. *Agriculture* 11, 356. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040356>
- Rigueiro-Rodríguez, A., Fernández-Núñez, E., González-Hernández, P., McAdam, J.H., Mosquera-Losada, M.R., 2009. Agroforestry Systems in Europe: Productive, Ecological and Social Perspectives, in: Rigueiro-Rodríguez, A., McAdam, J., Mosquera-Losada,

Maróa Rosa (Eds.), *Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 43–65. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8272-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8272-6_3)

Ritchie, H., Samborska, V., Roser, M., 2024. Urbanization. Our World in Data.

Romano, S., Cozzi, M., Viccaro, M., Persiani, G., 2016. A Geostatistical Multicriteria Approach to Rural Area Classification: From the European Perspective to the Local Implementation. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, Florence “Sustainability of Well-Being International Forum”. 2015: Food for Sustainability and not just food, FlorenceSWIF2015 8, 499–508. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.055>

Roossinck, M.J., García-Arenal, F., 2015. Ecosystem simplification, biodiversity loss and plant virus emergence. *Curr Opin Virol* 10, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2015.01.005>

RStudio Team, 2015. RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, Inc., Boston, MA.

Rusch, A., Chaplin-Kramer, R., Gardiner, M.M., Hawro, V., Holland, J., Landis, D., Thies, C., Tschantke, T., Weisser, W.W., Winqvist, C., Woltz, M., Bommarco, R., 2016. Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 221, 198–204. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.039>

Saha, D., Alam, F., 2014. Groundwater vulnerability assessment using DRASTIC and Pesticide DRASTIC models in intense agriculture area of the Gangetic plains, India. *Environ Monit Assess* 186, 8741–8763. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4041-x>

Sakellariou, S., Sfougaris, A.I., Christopoulou, O., 2021. Review of Geoinformatics-Based Forest Fire Management Tools for Integrated Fire Analysis. *Polish Journal of Environmental Studies*.

Salvati, L., Perini, L., Sabbi, A., Bajocco, S., 2012. Climate Aridity and Land Use Changes: A Regional-Scale Analysis: Climate Aridity and Land Use Changes. *Geographical Research* 50, 193–203. <https://doi.org/10.1111/j.1745-5871.2011.00723.x>

Sanders, T., 2023. England, in: *Rural Healthcare: Second Edition*. pp. 34–47. <https://doi.org/10.1201/9781003302438-7>

Santiago-Freijanes, J.J., Rigueiro-Rodríguez, A., Aldrey, J.A., Moreno, G., den Herder, M., Burgess, P., Mosquera-Losada, M.R., 2018. Understanding agroforestry practices in Europe through landscape features policy promotion. *Agroforestry Systems* 92, 1105–1115. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0212-z>

Santoro, A., Piras, F., Fiore, B., Frassinelli, N., Bazzurro, A., Agnoletti, M., 2022. The Role of Trees Outside Forests in the Cultural Landscape of the Colline del Prosecco UNESCO Site. *Forests* 13. <https://doi.org/10.3390/f13040514>

Saraceno, E., 1994. Alternative readings of spatial differentiation: The rural versus the local economy approach in Italy. *European Review of Agricultural Economics* 21, 451–474. <https://doi.org/10.1093/erae/21.3-4.451>

Saunders, D.A., Hobbs, R.J., Margules, C.R., 1991. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. *Conservation Biology* 5, 18–32.



- Schnell, S., Kleinn, C., Ståhl, G., 2015. Monitoring trees outside forests: a review. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4817-7>
- Schrevel, A., Kumar, R., 2010. The Livelihoods concept integrated into the DPSIR analytical tool.
- Secunda, S., Collin, M.L., Melloul, A.J., 1998. Groundwater vulnerability assessment using a composite model combining DRASTIC with extensive agricultural land use in Israel's Sharon region. *Journal of Environmental Management* 54, 39–57. <https://doi.org/10.1006/jema.1998.0221>
- Senes, G., Fumagalli, N., Ferrario, P.S., Rovelli, R., Sigon, R., 2020. Definition of a land quality index to preserve the best territories from future land take. An application to a study area in Lombardy (Italy). *Journal of Agricultural Engineering* 51, 43–55. <https://doi.org/10.4081/jae.2020.1006>
- Sidemo-Holm, W., Ekroos, J., Smith, H.G., 2021. Land sharing versus land sparing—What outcomes are compared between which land uses? *Conservation Science and Practice* 3.
- Simmons, A.J., 1964. An index of farm structure with a Nottinghamshire example. Department of Geography university of Nottingham.
- Singbo, A.G., Emvalomatis, G., Lansink, A.O., 2021. The Effect of Crop Specialization on Farms' Performance: A Bayesian Non-neutral Stochastic Frontier Approach, in: *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
- Sirami, C., Gross, N., Baillod, A.B., Bertrand, C., Carrié, R., Hass, A., Henckel, L., Miguët, P., Vuillot, C., Alignier, A., Girard, J., Batáry, P., Clough, Y., Violle, C., Giralt, D., Bota, G., Badenhauer, I., Lefebvre, G., Gauffre, B., Vialatte, A., Calatayud, F., Gil-Tena, A., Tischendorf, L., Mitchell, S., Lindsay, K., Georges, R., Hilaire, S., Recasens, J., Solé-Senan, X.O., Robleño, I., Bosch, J., Barrientos, J.A., Ricarte, A., Marcos-García, M.Á., Miñano, J., Mathevet, R., Gibon, A., Baudry, J., Balent, G., Poulin, B., Burel, F., Tschardtke, T., Bretagnolle, V., Siriwardena, G., Ouin, A., Brotons, L., Martin, J.-L., Fahrig, L., 2019. Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116, 16442–16447. <https://doi.org/10.1073/pnas.1906419116>
- Sklenicka, P., 2016. Classification of farmland ownership fragmentation as a cause of land degradation: A review on typology, consequences, and remedies. *Land Use Policy* 57, 694–701. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.032>
- Skole, D.L., Mbow, C., Mugabowindekwe, M., Brandt, M.S., Samek, J.H., 2021. Trees outside of forests as natural climate solutions. *Nature Climate Change* 11, 1013–1016.
- Smith, B.J., Jr, D.W.P., 1973. Defining and Measuring Rurality. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 5, 109–113. <https://doi.org/10.1017/S008130520001089X>
- Smith, B.J., Parvin, D.W., 1975. Estimating the Relative Rurality of U.S. Counties. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 7, 51–60.
- Sotte, F., Esposti, R., Giachini, D., 2012. The evolution of rurality in the experience of the “third Italy.”
- Sravani Pericherla, S.V., 2023. Agricultural Activities and Their Environmental Impact on Surface Waters: A Review. *Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology*.

- Steiner, F., 2004. Costruire il paesaggio. Un approccio ecologico alla pianificazione del territorio, 2° edizione. ed. McGraw-Hill Education.
- Stigebrandt, A., 2011. Carrying capacity: general principles of model construction. *Aquaculture Research* 42, 41–50.
- Stoate, C., Báldi, A., Beja, P., Boatman, N.D., Herzon, I., van Doorn, A., de Snoo, G.R., Rakosy, L., Ramwell, C., 2009. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. *Journal of Environmental Management* 91, 22–46. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.07.005>
- Stoate, C., Boatman, N.D., Borralho, R.J., Carvalho, C.R., Snoo, G.R. de, Eden, P., 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63, 337–365. <https://doi.org/10.1006/jema.2001.0473>
- Sutter, L., Albrecht, M., Jeanneret, P., 2018. Landscape greening and local creation of wildflower strips and hedgerows promote multiple ecosystem services. *Journal of Applied Ecology* 55, 612–620. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12977>
- Tammaru, T., Marcińczak, S., van Ham, M., Musterd, S., 2015. Socio-Economic Segregation in European Capital Cities. East meets West. <https://doi.org/10.4324/9781315758879>
- Tammaru, T., Sinitsyna, A., Akhavizadegan, A., van Ham, M., Marcińczak, S., Musterd, S., 2021. Income Inequality and Residential Segregation in European Cities. pp. 39–54. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-74544-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-74544-8_3)
- Tan, S., Heerink, N., Kruseman, G., Qu, F., 2008. Do fragmented landholdings have higher production costs? Evidence from rice farmers in Northeastern Jiangxi province, P.R. China. *China Economic Review* 19, 347–358. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2007.07.001>
- Tan, S., Heerink, N., Kuyvenhoven, A., Qu, F., 2010. Impact of land fragmentation on rice producers' technical efficiency in South-East China. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 57, 117–123. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2010.02.001>
- Tarquini, S., Isola, I., Favalli, M., Mazzarini, F., Bisson, M., Pareschi, M.T., Boschi, E., 2007. TINITALY/01: a new Triangular Irregular Network of Italy. *Annals of Geophysics* 50, 407–425. <https://doi.org/10.4401/ag-4424>
- Tarquini, S., Nannipieri, L., 2017. The 10 m-resolution TINITALY DEM as a trans-disciplinary basis for the analysis of the Italian territory: Current trends and new perspectives. *Geomorphology* 281, 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.12.022>
- Tassinari, P., Torreggiani, D., Benni, S., 2013. Dealing with agriculture, environment and landscape in spatial planning: A discussion about the Italian case study. *Land Use Policy* 30, 739–747. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.05.014>
- Thenail, C., Baudry, J., 2004. Variation of farm spatial land use pattern according to the structure of the hedgerow network (bocage) landscape: a case study in northeast Brittany. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 101, 53–72. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00199-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00199-3)
- Thomas, N., Baltezar, P., Lagomasino, D., Stovall, A., Iqbal, Z., Fatoyinbo, L., 2021. Trees outside forests are an underestimated resource in a country with low forest cover. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86944-2>

- Thomas, Z., Abbott, B.W., 2018. Hedgerows reduce nitrate flux at hillslope and catchment scales via root uptake and secondary effects. *Journal of Contaminant Hydrology* 215, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2018.07.002>
- Tóth, B., Weynants, M., Nemes, A., Makó, A., Bilas, G., Tóth, G., 2015. New generation of hydraulic pedotransfer functions for Europe. *European Journal of Soil Science* 66, 226–238. <https://doi.org/10.1111/ejss.12192>
- Tóth, B., Weynants, M., Pásztor, L., Hengl, T., 2017. 3D soil hydraulic database of Europe at 250 m resolution. *Hydrological Processes* 31, 2662–2666. <https://doi.org/10.1002/hyp.11203>
- Tran, T.Q., Vu, H.V., 2019. Land fragmentation and household income: First evidence from rural Vietnam. *Land Use Policy* 89, 104247. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104247>
- Tropp, D.S., 2008. The Growing Role of Local Food Markets: Discussion. *American Journal of Agricultural Economics* 90, 1310–1311.
- Valtiala, J., Niskanen, O., Torvinen, M., Riekkinen, K., Suokannas, A., 2023. The relationship between agricultural land parcel size and cultivation costs. *Land Use Policy* 131, 106728. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106728>
- van der Werf, H.M.G., Petit, J., 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93, 131–145. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00354-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00354-1)
- van Lier, H.N., 1998. The role of land use planning in sustainable rural systems. *Landscape and Urban Planning* 41, 83–91. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(97\)00061-3](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(97)00061-3)
- Van Phan, P., O'Brien, M., 2022. Is small beautiful? An empirical analysis of land characteristics and rural household income in Vietnam. *Aus J Agri & Res Econ* 66, 561–580. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12476>
- Vannucci, A., Andreoli, M., Rovai, M., 2022. Land Use Change and Disappearance of Hedgerows in a Tuscan Rural Landscape: A Discussion on Policy Tools to Revert This Trend. *Sustainability* 14, 13341. <https://doi.org/10.3390/su142013341>
- Vicari Haddock, S., 2004. *La città contemporanea*. Il Mulino, Italia.
- Waldorf, B., 2006. A Continuous Multi-Dimensional Measure of Rurality: Moving Beyond Threshold Measures.
- Wallace, A.E., Lee, R., MacKenzie, T.A., West, A.N., Wright, S., Booth, B.M., Hawthorne, K., Weeks, W.B., 2010. A Longitudinal Analysis of Rural and Urban Veterans' Health-Related Quality of Life. *The Journal of Rural Health* 26, 156–163. <https://doi.org/10.1111/j.1748-0361.2010.00277.x>
- Wan, G., Cheng, E., 2001. Effects of Land Fragmentation and Returns to Scale in the Chinese Farming Sector. *Applied Economics* 33, 183–94. <https://doi.org/10.1080/00036840121811>
- Watson, I.W., Novelly, P.E., 2009. Making the biodiversity monitoring system sustainable: Design issues for large-scale monitoring systems. *Austral Ecology* 29, 16–30.
- Weinert, C., Boik, R.J., 1995. MSU rurality index: Development and evaluation. *Research in Nursing & Health* 18, 453–464. <https://doi.org/10.1002/nur.4770180510>

- Wesseler, J.H.H., 2022. The EU 's farm-to-fork strategy: An assessment from the perspective of agricultural economics. *Applied Economic Perspectives and Policy*.
- Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J.-F., Ferrer, A., Peigné, J., 2013. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 34, 1–20.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning (Agriculture Handbook No. No. 537). US Department of Agriculture Science and Education Administration, Washington, DC, USA.
- Woods, M., 2010. Performing rurality and practising rural geography. *Progress in Human Geography* 34, 835–846. <https://doi.org/10.1177/0309132509357356>
- Wu, X., Kumar, V., Ross Quinlan, J., Ghosh, J., Yang, Q., Motoda, H., McLachlan, G.J., Ng, A., Liu, B., Yu, P.S., Zhou, Z.-H., Steinbach, M., Hand, D.J., Steinberg, D., 2008. Top 10 algorithms in data mining. *Knowl Inf Syst* 14, 1–37. <https://doi.org/10.1007/s10115-007-0114-2>
- Yucer, A.A., Kan, M., Demirtas, M., Kalanlar, S., 2016. The importance of creating new inheritance policies and laws that reduce agricultural land fragmentation and its negative impacts in Turkey. *Land Use Policy* 56, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.029>
- Zadeh, L.A., 1988. Fuzzy logic. *Computer* 21, 83–93. <https://doi.org/10.1109/2.53>
- Zhang, P., Too, G., Irwin, K.L., 2000. Utilization of Preventive Medical Services in the United States: A Comparison Between Rural and Urban Populations. *The Journal of Rural Health* 16, 349–356. <https://doi.org/10.1111/j.1748-0361.2000.tb00485.x>
- Zhou, Y., Wu, T., Wang, Y., 2022. Urban expansion simulation and development-oriented zoning of rapidly urbanising areas: A case study of Hangzhou. *Science of The Total Environment* 807, 150813. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150813>
- Zomer, R.J., Neufeldt, H., Xu, J., Ahrends, A., Bossio, D., Trabucco, A., van Noordwijk, M., Wang, M., 2016. Global Tree Cover and Biomass Carbon on Agricultural Land: The contribution of agroforestry to global and national carbon budgets. *Sci Rep* 6, 29987. <https://doi.org/10.1038/srep29987>
- Zucca, C., Canu, A., Previtali, F., 2010. Soil degradation by land use change in an agropastoral area in Sardinia (Italy). *CATENA* 83, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.07.003>



## 6 Ringraziamenti

La ricerca condotta in questo lavoro di tesi è stata finanziata dalla Direzione Regionale Agricoltura, Promozione della filiera e della cultura del cibo, Caccia e Pesca e Foreste della Regione Lazio.

È doveroso ringraziare tutto il gruppo di lavoro coinvolto nel PAR per l'impegno e la caparbiazza con la quale stiamo redigendo il PAR.

Un particolare ringraziamento va al dott. agr. Fabio Genchi e al gruppo di lavoro da lui coordinato, il Dott. Andrea Sintini, l'Arch. Maurizio Di Mario, l'ing. Marco Rossi e l'Arch. Pian. Monica Cerulli che mi hanno molto arricchito mettendo in evidenza molte sfaccettature della pianificazione agricola e rurale.

Il merito della nascita di questo lavoro va anche ai tecnici ARSIAL con la quale ho collaborato in questi anni. In particolare, ringrazio la dott.ssa Sandra Di Ferdinando per la passione che ha messo e continua a mettere nel PAR. Non posso non ringraziare il dott. Massimo Paolanti, il dott. Michele Downie e la dott.ssa Laura Monaci, confrontarmi con voi sulle elaborazioni GIS è stato uno vero stimolo a migliorarmi. Un ringraziamento va anche a Gianluca, è stato veramente un piacere rincontrarti anche in ambito lavorativo.

Tra tutti, sicuramente il ringraziamento più grande va alla mia tutor, la Prof.ssa Maria Nicolina Ripa. In questi anni ho imparato veramente tanto da te, ti ringrazio per aver sopportato la mia pignoleria e per l'impegno che metti in tutto quello che fai. Grazie.

Un ringraziamento va ai Proff. Fabio Recanatesi per la disponibilità e l'amicizia dimostrata in questi anni di lavoro.

Un sentito ringraziamento va ai Proff. Patrizia Tassinari e Antonio Leone per i preziosi consigli che hanno permesso di migliorare questo lavoro.